



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO  
TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

TEEMU JÖNKKÄRI  
TYÖMUISTIPELIN SUUNNITTELU IKÄIHMISSILL

Diplomityö

Tarkastaja: dosentti Kristian Kiili  
Tarkastaja ja aihe hyväksytty Talouden ja rakentamisen tiedekuntaneuvoston kokouksessa 9. syyskuuta 2015

## TIIVISTELMÄ

**TEEMU JÖNKKÄRI:** Työmuistipelin suunnittelu ikäihmisille

Tampereen teknillinen yliopisto

Diplomityö, 86 sivua, 4 liitesivua

Kesäkuu 2016

Tietotekniikan diplomi-insinöörin tutkinto-ohjelma

Pääaine: Ohjelmistotekniikka

Tarkastaja: dosentti Kristian Kiili

**Avainsanat:** työmuisti, kognitiivinen ikääntyminen, kognitiivinen interventio, pelillistäminen, digitaalinen pelaaminen, hyötypelit

Elinajanodotteen kasvaessa ikäihmisten osuus väestöstä on kasvussa maailmanlaajuisesti. Ikääntymisen seurauksena yleistyvät myös erilaiset kognitiiviset häiriöt ja muistisairaudet, jotka uhkaavat ihmisten elämänlaatua ja rasittavat julkista terveydenhuoltoa. Tämän tutkimuksen tavoitteena on kehittää ikäihmisille sopiva työmuistipeli sekä tutkia, voidaanko ikäihmisiä varten kehitetyllä työmuistipelillä toteuttaa yleisesti saatavilla oleva ja kognitiivisia kykyjä tukeva interventio.

Tutkimus jakautuu kahteen osaan. Kirjallisuusosassa perehdyttiin työmuistiin, kognitiiviseen ikääntymiseen sekä kognitiivisiin interventioihin. Kirjallisuusosassa perehdyttiin myös digitaaliseen pelaamiseen, pelillistämiseen, käytettävyyteen sekä käyttäjäkeskeiseen suunnitteluun hyötypelien kehittämisen näkökulmasta. Tutkimuksen toisessa osassa kehitettiin työmuistipeli sekä sen siirtovaikutusta mittaava Corsin kuutiot -testisovellus. Työmuistipeliä käytettiin case-tutkimuksessa kognitiivisen intervention harjoitusvälineenä. Case-tutkimuksen tavoitteena oli tutkia intervention vaikutusta yleiseen kognitioon sekä erityisesti työmuistiin. Kognitiivisen intervention lisäksi case-tutkimuksessa arvioitiin työmuistipelin käytettävyyttä, vastaanottoa sekä pelattavuutta.

Tutkimus täytti vain osittain sille asetetut tavoitteet. Kirjallisuuskatsaus osoitti, että digitaalisilla peleillä, joissa on huomioitu ikäihmisten erityistarpeet, on merkittäviä mahdollisuuksia viihde- ja hyötykäytössä ikäihmisille. Case-tutkimus vahvisti kirjallisuusosauksen tuloksen siltä osin, että käyttäjäryhmän erityistarpeiden huomioiminen suunnittelussa näkyi pelin hyvänä vastaanottona ja käytettävyytenä. Toisaalta pelin n-back-tehtävään perustuva pelilogiikka osoittautui liian haastavaksi koehenkilöille. Tutkimus ei pystynyt osoittamaan tilastollisesti merkittäviä muutoksia koehenkilöiden yleiseen kognitioon tai työmuistiin. Tutkimuksessa saavutettujen tulosten perusteella on kuitenkin mahdollista kehittää tulevaisuudessa entistä parempia työmuistipelejä.

## ABSTRACT

**TEEMU JÖNKKÄRI:** Designing Working Memory Game for Elderly Users

Tampere University of Technology

Master of Science Thesis, 86 pages, 4 Appendix pages

June 2016

Master's Degree Programme in Information Technology

Major: Software Engineering

Examiner: Senior Researcher Kristian Kiili

**Keywords:** working memory, cognitive ageing, cognitive intervention, gamification, digital gameplay, serious games, user-centered design, usability

Life expectancy is increasing and the proportion of elderly people in the general population is rising. As the population ages, risks for cognitive decline and dementia threaten independence and quality of life for older adults and present challenges to the health care system. This thesis examines possibility to implement effective and accessible cognitive intervention to support declining cognition with a working memory game.

The thesis is divided into two parts. In the first literature study part, issues related to working memory, cognitive decline and cognitive interventions were explored. Digital games, gamification, usability and user-centered design were also explored as related issues to serious game development. In the case study part, working memory game was developed and cognitive intervention was implemented. The objective of the case study was to examine the effectiveness of the game-based working memory training to subjects' cognition and specifically to working memory capacity. In addition to the cognitive intervention usability, acceptance and gameplay of the developed serious game were evaluated.

The results of this study are mixed. The literature study suggested that there is great potential in digital games for elderly when special needs of the group like usability are taken in to account in development. The results of the case study verified the value of taking usability concerns in to account as part of user-centered development process. On the other hand, the gameplay of the n-back task based serious game was proven to be too challenging to the subjects. The study failed to show any statistically significant results of the effectiveness of the intervention in terms of subjects' cognition and working memory. The results of this study may however enhance further development of the working memory games.

## ALKUSANAT

Tämä diplomityö on tehty Flow Factory Oy:n ja Tampereen teknillisen yliopiston tilaamana. Diplomityön olen tehnyt oman palkkatyöni rinnalla. Työssä olen käsitellyt kognitiota, kognitiivista ikääntymistä sekä mahdollisuuksia vaikuttaa siihen interventioiden avulla. Aiheen tutkiminen on ollut mielenkiintoista ja syventänyt osaamistani ihmisen kognitiosta, käyttäjäkeskeisestä suunnittelusta, käytettävyydestä sekä pelikehityksestä.

Haluan kiittää kaikkia henkilöitä, jotka ovat auttaneet minua opintojeni aikana. Erityisen kiitoksen haluan osoittaa Petri Linnalle ja Harri Kedolle. Kiitokset kuuluvat myös LIVING LAB - käyttäjälähtöistä hyvinvointia Satakuntaan -hankkeelle, Prizztech Oy:lle, Satakuntaliitolle sekä hankkeen rahoittajille, joiden ansiosta tutkimus oli mahdollista toteuttaa. Diplomityön ohjasi dosentti Kristian Kiili.

Porissa 13.5.2016

Teemu Jönkkäri

## SISÄLLYSLUETTELO

1.	JOHDANTO .....	1
1.1	Tutkimuksen tausta .....	2
1.2	Tutkimusongelma ja rajaukset .....	2
1.3	Tutkimuksen tavoitteet.....	2
1.4	Tutkimusmenetelmät.....	3
1.5	Tutkimuksen rakenne .....	3
2.	MUISTI, TYÖMUISTI JA JOUSTAVA ÄLYKKYYS.....	5
2.1	Pitkäkestoinen muisti .....	5
2.2	Työmuisti .....	7
2.3	Työmuistimalli .....	7
2.4	Joustava älykkyys .....	9
2.5	Työmuistitehtävät .....	10
2.5.1	Corsin kuutiot .....	11
2.5.2	N-back.....	14
3.	IKÄÄNTYMISEN VAIKUTUS KOGNITIIVISEEN TOIMINTAKYKYYN ....	18
3.1	Kognitiivinen ikääntyminen.....	18
3.2	Neurologinen ikääntyminen.....	20
3.3	Muistihäiriöt ja etenevät muistisairaudet .....	21
3.4	Lievä kognitiivinen heikentyminen .....	22
3.5	Alzheimerin tauti .....	23
4.	KOGNITIOTA TUKEVAT INTERVENTIOT.....	25
4.1	Fyysisen harjoittelun interventiot .....	25
4.2	Kognitiivisen harjoittelun interventiot.....	26
4.3	Laaja-alaiset interventiot.....	29
5.	IKÄIHMISET JA DIGITAALINEN PELAAMINEN .....	31
5.1	Ikäihmiset pelaajina .....	31
5.2	Digitaaliset hyötypelit.....	33
5.3	Pelillistäminen.....	33
5.4	Flow-tila.....	35
6.	KÄYTTÄJÄKESKEINEN SUUNNITTELU .....	36
6.1	Käytettävyys .....	36
6.1.1	Sensorinen käytettävyys .....	37
6.1.2	Motorinen käytettävyys .....	37
6.1.3	Kognitiivinen käytettävyys.....	38
6.2	Cooperin persoonat .....	40
7.	TYÖMUISTIPELITUTKIMUS .....	43
7.1	Tutkimuksen tavoite.....	43
7.2	Tutkimusmenetelmät ja aineisto .....	43
7.3	Tutkimusmateriaalit .....	44

7.3.1	Työmuistipeli .....	45
7.3.2	Corsin kuutiot -testisovellus .....	47
7.4	Tulokset ja niiden tarkastelu .....	49
8.	PÄÄTELMÄT .....	53
	LÄHTEET.....	58

LIITE A: CASE-TUTKIMUSTA VARTEN MÄÄRITELLYT PERSOONAT

LIITE B: KYSELYTUTKIMUKSEN RUNKO

## TERMIT JA NIIDEN MÄÄRITELMÄT

Alzheimerin tauti	Alzheimerin tauti on yleisin dementiaa aiheuttava etenevä muistisairaus. Taudin syy on toistaiseksi tuntematon.
Cooperin persoona	Cooperin persoona on Alan Cooperin esittelemä tavoiteohjautuvan käyttäjäkeskeisen suunnittelun väline, jolla mallinnetaan palvelun tai tuotteen käyttäjäryhmää.
Corsin kuutiot	1970-luvulla kehitetty työmuistitehtävä, jota käytetään laajasti työmuistikapasiteetin mittauksissa.
Dementia	Dementialla tarkoitetaan älyllisen ja henkisen suorituskyvyn heikentymistä, joka rajoittaa merkittävästi henkilön selviämistä ja aiheuttaa jonkinasteisen hoidon tarpeen.
Etenevä muistisairaus	Etenevällä muistisairaudella tarkoitetaan sairautta, joka heikentää henkilön muistia ja muuta kognitiotta ja joka johtaa edetessään dementiaan.
Flow	Flow on optimaalinen kokemus ja tila, jossa henkilö on täysin keskittynään suorittamaansa tehtävään ja pystyy suorittamaan sitä parhaalla mahdollisella tasolla.
Hermosolu	Hermosolu on hermoimpulssien ja –hormonien tuottamiseen erikoistunut hermokudoksen solu.
Hermoverkko	Hermoverkolla tarkoitetaan aivojen hermosolujen muodostamaa verkostoa, joka vuorovaikuttaa ja toimii yhtenä kokonaisuutena.
Interventio	Interventiolla tarkoitetaan toimenpidettä, jolla pyritään vaikuttamaan henkilön terveydentilaan tai käyttäytymiseen.
Joustava älykkyys	Joustava älykkyys on älykkyyden alalaji, jolla viitataan kasvu- ja oppimisympäristöstä riippumattomiin kognitiivisiin kykyihin kuten kykyyn päätellä ja ratkaista ennen kohtaamattomia ongelmia ilman aiempaa osaamista.
Kiteytynyt älykkyys	Kiteytynyt älykkyys on älykkyyden alalaji, johon kuuluu kaikki elämän aikana opitut tiedot ja taidot.
Kognitio	Kognitiolla tarkoitetaan informaation käsittelyyn liittyviä mielen toimintoja ja korkeampia henkisiä toimintoja.
Kognitiivinen ikääntyminen	Kognitiivisella ikääntymisellä viitataan kognitiivisten toimintojen kuten oppimisen, muistamisen ja ajattelemisen heikentymistä ikääntyessä.
Käyttäjäkeskeinen suunnittelu	Käyttäjäkeskeinen suunnittelu on suunnittelumetodi, joka asettaa käyttäjän toiveet ja tarpeet suunnittelun keskiöön.

Lievä kognitiivinen heikentyminen	Lievässä kognitiivisessa heikentymisessä kognitiiviset kyvyt ovat heikenneet tavanomaista enemmän, mutta eivät täytä vielä muistisairauden diagnoosin ehtoja. Lievä kognitiivinen heikentyminen täyttää määritelmällisen aukon tavallisen kognitiivisen ikääntymisen ja diagnoosin täyttävän muistisairauden välissä.
Lure	Lure on sarjassa esiintyvä alkio, joka muistuttaa kohdealkiota, mutta esiintyy sarjassa eri paikassa.
MMSE	Mini-Mental State Examination -testi on suppea muistin ja tiedonkäsittelyn arviointiin tarkoitettu testi, joka on laajasti käytössä kliinisissä tutkimuksissa.
Muistihäiriö	Muistihäiriö on hetkellinen tai pysyvä muistin ja tiedonkäsittelyn toiminnan häiriötila.
N-back	N-back on 1950-luvulla kehitetty työmuistitehtävä, jota käytetään yleisesti työmuistikapasiteetin mitauksissa.
Neurologia	Neurologia on tieteenala, joka tutkii keskushermoston, ääreishermoston ja lihaksiston elimellisiä sairauksia.
Omadata	Omadatalla tarkoitetaan ihmiskeskeistä henkilötietojen hallintaa ja hyödyntämisestä. Henkilöstä kerättyä omadataa on mahdollista hyödyntää esimerkiksi terveydenhuollossa.
Synapsi	Hermosoluja yhdistävä liitos, joka välittää viestejä hermosolujen välillä.
Työmuisti	Työmuisti on kapasiteetiltaan rajoittunut, lyhytkestoisin muistin osa, jolla on tunnistettu olevan keskeinen asema kognitiivisessa suorituskävyssä.
Älykkyys	Älykkyydellä kuvataan älyllisten toimintojen yleistä tehokkuutta. Älykkyys jaetaan tyypillisesti joustavaan ja kiteytyneeseen älykkyYTEEN.



# 1. JOHDANTO

Väestön vanheneminen maailmanlaajuisesti on tekemässä erilaisista muistiin liittyvistä sairauksista kansansairauksia kaikkialla maailmassa. Muistisairaudella tarkoitetaan yleisesti sairautta, joka heikentää muistia ja siihen liittyviä kognitiivisia kykyjä. Etenevät muistisairaudet johtavat tavallisesti lievän kognitiivisen heikentymisen (MCI-oireyhtymä) kautta dementiaan, jossa muisti ja tiedonkäsittelykyky ovat heikenneet niin paljon, että se häiritsee arkielämässä selviämistä (THL 2015).

Vuonna 2014 Suomessa oli arviolta 120 000 henkilöä, joilla kognitiiviset kyvyt olivat lievästi heikentyneet (Hänninen et al. 2002) ja toinen vastaavankokoinen ryhmä kärsi joko lievästä tai vähintään keskivaikeasta dementiaasta (Viramo & Sulkava 2006). Joka vuosi Suomessa todetaan vähintään 13 000 (Viramo & Sulkava 2006) ja maailmanlaajuisesti arviolta 7,7 miljoonaa (WHO & ADI 2012) uutta dementiatapausta. Korkea ikä lisää selvästi muistisairauden todennäköisyyttä. Suomessa Tilastokeskus ennustaa yli 65-vuotiaiden osuuden nousevan 15 %:sta lähes 29 %:iin vuosien 2000-2060 aikana (SVT 2015). 65-74-vuotiaista suomalaisista alle 5 % kärsii keskivaikeasta tai vaikeasta muistisairaudesta, mutta yli 85-vuotiaista jo noin kolmannes (THL 2015).

Muistisairaudet heikentävät niitä sairastavien ja heidän läheistensä elämänlaatua sekä aiheuttavat merkittäviä kustannuksia yhteiskunnan sosiaali- ja terveydenhuollon palveluille. Lääketiede ei ole onnistunut kehittämään toimivia lääkkeitä muistisairauksiin, joten tutkijoiden mielenkiinto on kohdistunut erilaisiin ei-lääketieteellisiin interventioihin, joilla pyritään vähentämään muisti-sairauksien yleistymistä väestössä. Siirtämällä muistisairauden puhkeamista viidellä vuodella voitaisiin sairastuvien määrä puolittaa (Thal et al. 1997).

Monipuolisten, kognitiivisia kykyjä stimuloivien, aktiviteettien on osoitettu suojaavan muistin ja kognitiivisten kykyjen heikentymiseltä (Valenzuela & Sachdev 2006). Kognitiivinen harjoittelu on osoittautumassa yhdeksi lupaavaksi interventiomuodoksi, jolla voidaan pienentää sairastumisen riskiä (Gates & Valenzuela 2010). Kognitiivisten kykyjen aktivointiin keskittyvät hyötynäköiset voivat osoitetusti toimia hyvin tässä tarkoituksessa (Miller 2005) ja kiinnostus niitä kohtaan on kasvanut voimakkaasti. Markkinoille on tullut 2000-luvulla useita kognitiivisten kykyjen kehittämiseen ja mittaamiseen keskittyneitä pelipalveluita kuten CogState (Maruff et al. 2004) ja Lumosity (Hardy et al. 2009). Pelkästään vuonna 2005 aloittaneella Lumositylla oli vuonna 2013 35 miljoonaa käyttäjää ja sen liikevaihto oli 24 miljoonaa dollaria (Day 2013).

Kaupalliset pelit on kuitenkin vain harvoin suunniteltu erityisesti ikäihmisille (Fua et al. 2013) vaikka jo Whitcomb (1990) osoitti, että valtaosan ikäihmisistä oli kiinnostuneita digitaalisten pelien pelaamisesta, kun heille tarjottiin siihen mahdollisuus. Useimmat kaupalliset pelit ovatkin ikäihmisille sopimattomia (Ijsselsteijn et al. 2007). Väestön ikääntyessä ja erilaisten digitaalisten päätelaitteiden lisääntyessä ikäihmisillä nopeasti (SVT 2014), ikäihmiset voivat tarjota merkittävän markkinan pelikehittäjille.

## **1.1 Tutkimuksen tausta**

Tutkimus on toteutettu osana Satakuntaliiton ja alueen kuntien rahoittamaa LIVING LAB –käyttäjälähtöistä hyvinvointia Satakuntaan -hanketta, jossa testataan ja kehitetään yhdessä hyvinvointiteknologiayritysten, ikäihmisten, heidän omaistensa sekä vanhustyön ammattilaisten kanssa teknologiaratkaisuja ikäihmisten kotona asumisen tukemiseen sekä henkilökunnan työhön (Satakunta Living Labs 2012). Tutkimus toteutetaan Tampereen teknillisen yliopiston, Prizztech Oy:n ja Flow Factory Oy:n yhteistyönä.

## **1.2 Tutkimusongelma ja rajaukset**

Tämän diplomityön tavoitteena on tutkia, voidaanko ikäihmisten kognitiivisiin kykyihin vaikuttaa digitaalisen pelaamisen avulla ja selvittää mitä tekijöitä tulee ottaa huomioon suunniteltaessa ja kehitettäessä digitaalisia pelejä ikäihmisille.

Tutkimusongelmaa on lähestytty selvittämällä ihmisten kognitiota ja muistin toimintaa sekä sen komponentteja. Työmuistin toimintaan on perehdytty Baddeleyn (1986) työmuistimallin pohjalta. Lisäksi on perehdytty tavallisen ikääntymisen ja kognitioon vaikuttavien sairauksien aiheuttamia muutoksia kognitiivisiin kykyihin. Tutkimuksessa on perehdytty lisäksi käytettävyystudkimukseen ikäihmisillä sekä tutustuttu kognitiivisen ja fyysisen ikääntymisen asettamiin vaatimuksiin pelisuunnittelussa.

## **1.3 Tutkimuksen tavoitteet**

Tutkimuksen ensimmäisessä osiossa on kirjallisuustutkimuksella perehdytty aikaisempaan tutkimusaineistoon ja arvioitu sitä deskriptiivistä tutkimusnäkökulmaa käyttäen. Tutkimuksen toisessa osiossa on toteutettu työmuistipeli sekä sen siirtovaikutusta visuaalis-spatiaaliseen työmuistiin mittaava Corsin kuutiot -testisovellus.

Tutkimuksen tavoitteena on selvittää mahdollisuuksia kehittää tabletilla pelattavia pelejä ikäihmisille. Samalla on tarkoitus tutkia ikääntymisen tuomia vaatimuksia pelisuunnittelulle sekä tutkia kehitettävän työmuistipelin soveltuvuutta ikäihmisille sekä heidän suhtautumistaan kehitettyyn peliin. Lisäksi tutkimuksessa tutkitaan, voidaanko työmuistipelillä ylläpitää tai mahdollisesti jopa kehittää ikääntyneiden ihmisten kognitiota ja erityisesti työmuistia. Lopputuloksena pyritään arvioimaan tutkimushankkeen osana

kehitettävän työmuistipelin käyttökelpoisuutta interventiovälineenä sekä pelin soveltuvuutta ikäihmisille.

## 1.4 Tutkimusmenetelmät

Tutkimuksessa sovellettiin konstruktiivisen tutkimusotteen periaatteita. Konstruktiivinen tutkimusote tuottaa metodologiana sen iteratiivisen luonteen seurauksena uusia konstruktioita, joilla pyritään ratkaisemaan reaali maailman ongelmia. Tällaisia ratkaisuja voivat olla esimerkiksi uudet teknologiset sovellukset ja uusien hoitomuotojen kehittäminen (Kasanen et al. 1993). Ideaali tilanteessa konstruktiivinen tutkimusote tuottaa samalla ratkaisun reaali maailman ongelmaan ja luo tieteellisen kontribuution, kuten empiirisesti kehitetyn teoreettisen mallin. Niille on kuitenkin luonteenomaista, että ne eivät ole löydettyjä vaan ne keksitään ja kehitetään. Konstruktiivinen tutkimusote on normatiivisena ja empiirisenä metodologiana sovelias pienentämään käytännön ja tutkimuksen välistä kuilua ja sille on ominaista akateemisten tutkijoiden ja käytännön toimijoiden välinen tiivis yhteistyö. Konstruktiivinen tutkimusote edellyttää myös sitä, että luodut konstruktiot perustuvat olemassa olevaan teoreettiseen tietoon ja että empiiriset löydökset kontribuoidaan siinä sovellettavalle tieteenalalle, kun niiden soveltuvuus on ensin testattu käytännössä. Konstruktiivista tutkimusotetta käytetään yleisesti tekniikan ja lääketieteen aloilla. (Lukka 2001)

Kirjallisuusuudessa käytettiin kirjallisuutta, tieteellisiä julkaisuja sekä alan verkkojulkaisuja. Lähteet pyrittiin valitsemaan 2000-luvulta, mutta vanhempia lähteitä käytettiin niiltä osin kuin se oli tarpeellista ja perusteltua. Kirjallisuustutkimuksen tuloksia hyödynnettiin case-tapauksen arvioinnissa. Tutkimuksen case-tapauksessa kerättiin kysely- ja haastatteluaineistoa sekä dataa pelitapahtumista. Lisäksi työmuistipelin vaikutuksia kognitiivisiin kykyihin tutkittiin interventiota edeltäneillä ja seuranneilla Corsin kuutiot ja Mini-Mental State Examination -testillä. Lähdeaineisto analysoitiin sisällönanalyysimenetelmää ja kvantitatiivinen aineisto tilastoanalyysimenetelmiä hyödyntäen.

## 1.5 Tutkimuksen rakenne

Tutkimus koostuu yhdeksästä luvusta. Luvut 2-6 ovat tutkimuksen teoriaosaa, joissa käsitellään ihmisen muistia ja kognitiota sekä kognitiivista ikääntymistä sekä siihen vaikuttamista. Lisäksi tarkastellaan digitaalista pelaamista, käyttäjäkeskeistä suunnittelua sekä käytettävyyttä ikäihmisten kontekstissa. Luvut 7 ja 8 ovat tutkimuksen empiiristä osaa. Kognitiivinen ikääntyminen ja siihen vaikuttaminen pelaamisella toteutetun intervention avulla sitoo tutkimuksen osiot toisiinsa.

Luvussa 2 määritellään mitä muisti on ja kuvataan sen käsitteelliset alajärjestelmät. Kappaleessa kuvataan myös tarkemmin työmuisti, joustava älykkyys, Baddeleyn teoreettinen työmuistimalli sekä kaksi kliinisessä ja kokeellisessa tutkimuksessa yleisesti käytettyä työmuistitehtävää. Luvussa 3 määritetään kognitiivinen ikääntyminen sekä

kuvataan sen tyypillisesti aiheuttamat kognitiiviset ja neurologiset muutokset. Luvussa määritetään lisäksi tavallisesti kognitiivisesta ikääntymisestä poikkeavat muistihäiriöt sekä etenevät muistisairaudet. Luvussa käsitellään myös muistisairauksien yleisyyttä, riskitekijöitä sekä niiden kehittymistä ja vaikutusta kognitioon. Muistihäiriöistä tutkimuksessa perehdytään erityisesti lievään kognitiiviseen heikentymiseen sekä Alzheimerin tautiin.

Luvussa 4 kuvataan kirjallisuudessa dokumentoituja interventiomuotoja, joilla on pyritty ehkäisemään kognitiivista heikentymistä ja pienentämään riskiä sairastua etenevään muistisairauteen. Luvussa määritetään kolme keskeistä interventiomuotoa sekä kuvataan näiden vaikuttavuutta. Luvussa 5 kuvataan digitaalinen pelaaminen ikäihmisten perspektiivistä sekä ikäihmisten pelaamiseen vaikuttavia tekijöitä. Luvussa määritetään lisäksi pelillistäminen ja miten sillä voidaan vaikuttaa käyttäytymiseen. Luvussa kuvataan myös flow-tila ja sen vaikutus pelaajan kehittymiseen sekä suoritustasoon.

Luvussa 6 määritetään käytettävyystekijöitä, jotka on huomioitava suunniteltaessa peliä ikäihmisille. Luvussa esitellään myös Cooperin persoonat, joka on yksi käyttäjälähtöisen suunnittelun metodi. Luvussa kuvataan metodin tausta, miten sitä tulee käyttää sekä siitä saatavat edut suunnittelussa.

Luvuissa 7 ja 8 käsitellään tutkimuksen empiiristä osaa. Luvussa 7 kuvataan case-tutkimuksen tavoite, tutkimusmenetelmät ja aineisto sekä tutkimusmateriaalit. Case-tutkimusta varten toteutettiin työmuistipeli, työmuistipelin kehittämiseksi välttämättömät Cooperin persoonat sekä intervention vaikutuksen mittaamiseksi Corsin kuutiot-testisovellus. Luvun lopussa arvioidaan case-tutkimuksen vaikutusta kognitioon sekä työmuistipelin vastaanottoa ikäihmisistä koostuneessa käyttäjäryhmässä. Luvussa 9 esitetään tutkimuksesta ja tuloksista muodostuneita päätelmiä ja arvioidaan tutkimuksen onnistumista sekä mahdollisia aiheita jatkotutkimukselle.

## 2. MUISTI, TYÖMUISTI JA JOUSTAVA ÄLYKKYYS

Kalska (2006) määrittelee muistin tarkoittavan yleisesti kykyä tallentaa ja palauttaa mieleen koettuja ja opittuja asioita, mutta olevan samalla yläkäsite useiden tiedonkäsittelyn alajärjestelmien ja prosessien samanaikaiselle yhteistoiminnalle. Toiminnallisesti muistaminen koostuu kolmesta erillisestä muistiprosessista, joita ovat mieleen painaminen, varastointi ja palautus.

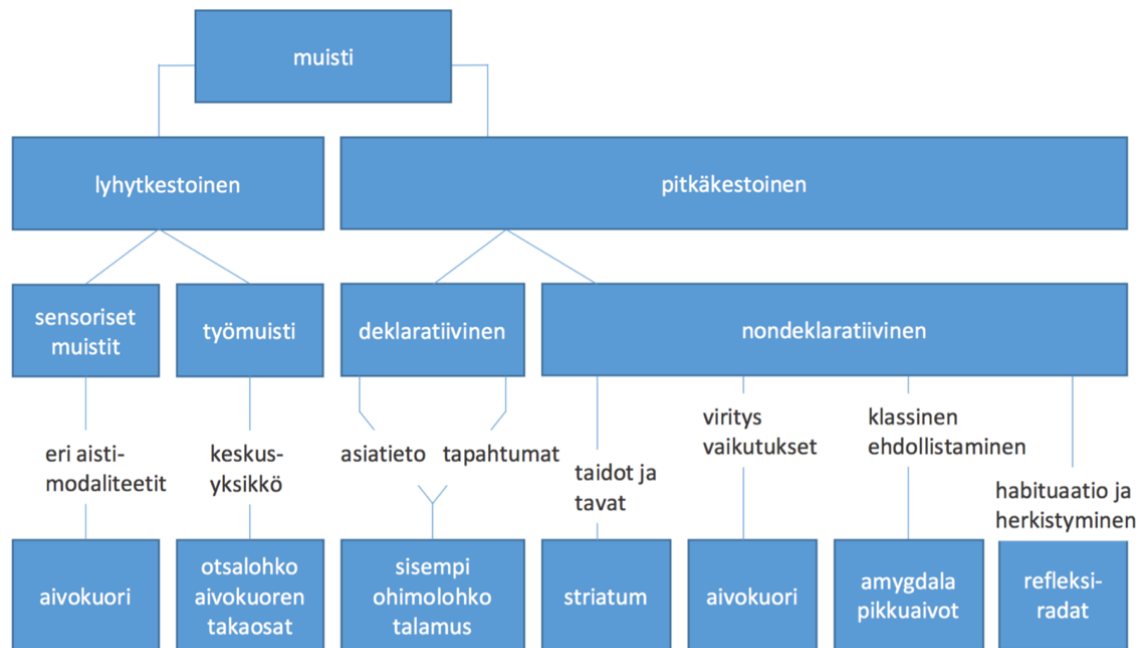
Psykologit ovat luokitelleet muistitutkimusta koskevassa kirjallisuudessa muistin osaluokkia ajan ja laadun perusteella, kuten Kuvassa 1 (Ylinen & Sirviö 1997). Ajan perusteella muisti on jaettu tyypillisesti lyhytkestoiseen työmuistiin ja pitkäkestoiseen säiliömuistiin.

### 2.1 Pitkäkestoinen muisti

Pitkäkestoinen säiliömuisti on varastokapasiteetiltaan periaatteessa rajaton (Kalska 2006). Laadullisesti se on jaettu erilaisten muistamisen muotojen mukaan tietoiseen (deklaratiivinen) ja ei-tietoiseen (nondeklaratiivinen, proseduraalinen) muistiin (Squire & Zola-Morgan 1991). Deklaratiivisella muistilla viitataan asioiden (semanttinen muisti) ja tapahtumien (episodinen muisti) muistamiseen. Nondeklaratiivinen muistin alle kuuluu puolestaan kirjava joukko erilaisia oppimisen ja muistamisen muotoja (Squire 2004), kuten erilaisten reaktiomallien ja tapojen oppiminen sekä motoriset taidot. Pitkäkestoiseen deklaratiiviseen säiliömuistiin luokitellaan myös, ajallisesti tulevaisuuteen sijoittuva, prospektiivinen muisti (Einstein & McDaniel 1990).

Nondeklaratiivisten tapojen ja taitojen oppiminen ja muistaminen tapahtuvat suurelta osin tietoisuuden ulkopuolella (Koivisto 1996). Samoin tietoisuuden ulkopuolella tapahtuu klassinen ehdollistuminen, uusien aistihavaintojen aiheuttamat viritysvaikutukset sekä opitut refleksit (Ylinen & Sirviö 1997). Nondeklaratiivinen muisti on hyvin pysyvää eikä siihen tyypillisesti liity samanlaista unohtamista kuin deklaratiivisessa muistissa (Ylinen & Sirviö 1997). Sen heikentyminen vaatii jonkinlaisen vaurion syntymisen tyvitumakkeen, pikkuaivojen tai otsalohkon etuosien alueella (Cavako et al. 2004).

Deklaratiivinen muistaminen on tavallisesti hyvin tietoista toimintaa. Episodisella muistilla viitataan kykyyn muistaa omaan elämään liittyviä, ajan ja paikan suhteen jäsentyviä tapahtumia (Kalske 2006) ja tunteita (Fua et al. 2013). Sen vaurioituminen vaikuttaa kykyyn käsitellä uutta informaatiota sekä yhdistellä toisiinsa aiemmin liittymättömiä



**Kuva 1.** Muistin ajan ja tietoisuuden asteeseen perustuva luokitus. (Hokkanen et al. 2006, alkuperäinen lähde Ylinen & Sirviö 1997).

tapahtumia, mutta ei aiemmin opitun informaation muistamiseen (Greene et al. 1996). Episodisen muistin heikentyminen on tavallisesti ensimmäinen merkki kognitiivisesta ikääntymisestä, mutta se alkaa vaikuttaa merkittävästi vasta pitkälle edenneessä muistisairaudessa (Fua et al. 2013).

Semanttinen muisti käsittelee asioiden merkityksiä, konsepteja ja asioiden kategorisia yhteyksiä. Sen avulla asiat ja merkitykset tiedetään ja tapahtumat muistetaan (Tulving 1985). Fua et al. (2013) mukaan semanttinen muisti on ensimmäisiä kognitiivisia kykyjä, jotka alkavat heiketä lievässä kognitiivisessa heikentymisessä ja siitä kärsivien henkilöiden on vaikeampaa oppia ja muistaa asioihin tai esineisiin liittyviä merkityksiä. Kalskan (2006) mukaan semanttisen muistin heikentyminen voi ilmetä myös verbaalisena nimeämis- tai ymmärtämisvaikeutena sekä sanavaraston ja yleistietojen heikentymisenä.

Prospektiivinen muisti vastaa tulevaisuuden muistamisesta. Sen avulla muistetaan tulevat asiat, tapahtumat ja määräajat (Fua et al. 2013). Prospektiivinen muisti alkaa heiketä merkittävästi ainoastaan muistisairaudesta kärsivillä (Einstein & McDaniel 1990), joilla se voi näkyä esimerkiksi vaikeutena muistaa ottaa määrättyt lääkkeet ajallaan.

Hippokampuksen ja sisempien ohimolohkojen merkitys oppimiselle ja säiliömuistille on tunnistettu jo 1950-luvulla (Scoville & Milner 1957), mutta vasta neurologian kehittyminen on mahdollistanut säiliömuistin eri toiminnoista vastaavien hermoverkkojen paremman tunnistamisen aivoissa. Uusien tietojen ja tapahtumien tallentuminen säiliömuistiin on osoitettu olevan riippuvainen ohimolohkojen sisäosien, hippokampuksen ja

sitä ympäröivien kortikaalisten alueiden, sekä väliaivojen keskiviivarakenteiden toimivuudesta (Ylinen & Sirviö 1997). Ne eivät kuitenkaan säilö informaatiota vaan se talentuu oletettavasti aivokuoren hermoverkkojen läheisyyteen (Zola-Morgan & Squire 1993). Mantelitulake (amygdala) on keskeinen tunteiden käsittelyssä sekä klassisessa ehdollistumisessa pikkuaivojen ohella. Taitojen oppimisessa tyvitumakkeet ja pikkuaivot ovat puolestaan keskeisessä roolissa ja niihin liittyvän informaation oletetaan talentuvan aivojen motorisille alueille ja pikkuaivoihin. Tottuminen ja herkistyminen erilaisille ärsykeille tapahtuu aisteihin liittyvissä refleksiradoissa. (Ylinen & Sirviö 1997)

## 2.2 Työmuisti

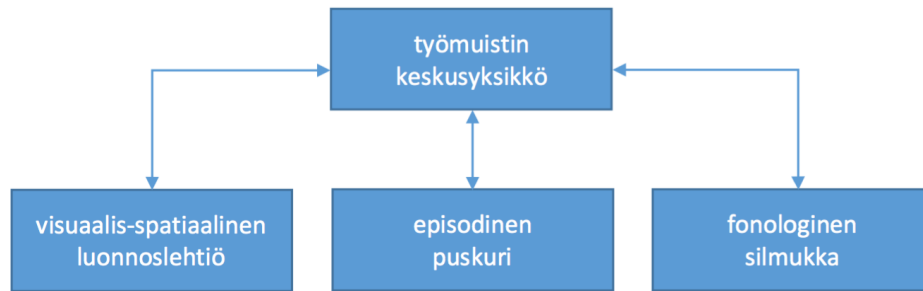
Työmuisti (WM) on hyvin vakiintunut teoreettinen malli (Baddeley 1974, 1992; Miyake & Shah 1999), joka on tärkeä suurelle joukolle kognitiivisia kykyjä kuten luetun ymmärtämiselle, monimutkaisten taitojen oppimiselle ja joustavalle älykkyydelle, jotka vaativat samanaikaista informaation lyhytaikaista varastointia ja käsittelyä (Barrett et al. 2004). Se ei kuitenkaan ole mikään irrallinen kognitiivinen osa-alue vaan on osa muistia ja kognitiivisen järjestelmän kokonaisuutta (Kyttälä 2008).

Työmuistikapasiteetin tiedetään ennustavan yleisesti menestystä koulu- ja työelämässä (Shipstead et al. 2012). Työmuistikapasiteetti vaikuttaa myös mm. kykyyn suorittaa useita tehtäviä samaan aikaan (Bühner et al. 2006; Hambrick et al. 2010) sekä tunteiden hallintaan (Schmeichel et al. 2008; Kleider et al. 2010). Työmuistin häiriöillä on tunnistettu yhteys erilaisiin kognitiivisiin poikkeamiin kuten keskittymishäiriöihin (Barkley 1997), skitsofreniaan (Carter et al. 1998) sekä kognitiiviseen ikääntymiseen (Salthouse 1994; Brigman & Cherry 2002).

Neurologisesti työmuisti sijaitsee etuotsalohkon ja aivokuoren takaosien hermoverkoissa. Työmuistin häiriöt johtuvat näiden hermoverkkojen yhteystoimintaa heikentävistä aivotoiminnan häiriöistä tai vaurioista. Työmuistin häiriöt ilmenevät käytännössä keskittymisvaikeuksina, herkistymisenä häiriötekijöille sekä vastaanotetun informaation nopeana unohtamisena. (Kalska 2006) Työmuistin heikentymistä voivat aiheuttaa myös jotkin psyykkiset tilat kuten akuutti ahdistuneisuus (Eysenck & Calvo 1992).

## 2.3 Työmuistimalli

Atkinson ja Shiffrin (1968) esittelivät 1960-luvulla tutkimuksessaan lyhytkestoisen muistin (STM), jota pidettiin sanallisen informaation lyhytkestoisena ja lähes passiivisena varastona. Lyhytkestoisen muistin kapasiteetin muodostaa mieltämysyksiköiden määrä, jonka henkilö pystyi säilyttämään kerralla lyhytkestoisessa muistissaan. Sen mittaamiseen käytetään yleisesti yksinkertaisia jännetehtäviä (Engle & Oransky 1999) ja sen kapasiteetti on tavallisesti kuusi mieltämysyksikköä (Miller 1956; Morey & Cowan 2005).



**Kuva 2.** Baddeleyn työmuistimalli (Baddeley 2000).

Baddeley ja Hitch (1974) päättelivät omassa tutkimuksessaan, ettei korkeampi kognitio ole riippuvainen lyhytkestoisesta muistista vaan asia on päinvastoin. Baddeleyn ja Hitchin (1974) mukaan, kun muistettavan informaation määrä ylittää lyhytkestoisen muistin kapasiteetin, tarjoaa työmuistin keskusyksikkö muistamiseen lisäresursseja. Baddeleyn (1974) työmuistimalli alensi lyhytkestoisen muistin työmuistin komponentiksi ja se osataan erottaa nykyisin työmuistista jo 4-vuotiailla lapsilla (Alloway et al. 2006).

Baddeleyn ja Hitchin (1974) alkuperäinen työmuistimalli koostui kolmesta komponentista, jotka sisälsivät passiivisia varastotoimintoja sekä aktiivisia kontrolli- ja prosessointitoimintoja. Työmuistin ohjauksesta vastasi mallissa keskusyksikkö ja sen alajärjestelmät fonologinen silmukka ja visuaalis-spatiaalinen luonnoslehtiö. Baddeley (2000) täydensi mallia myöhemmin episodisella puskurilla, jonka oletetaan yhdistävän säiliömuistin työmuistin keskusyksikköön (Kuva 2).

Baddeleyn työmuistimallissa aistien välittämä ja säiliömuistiin tallennettu informaatio, johon tarkkaavaisuus kohdistuu, valikoituu työmuistiin. Työmuisti ylläpitää informaatiota lyhytaikaisesti, käsittelee sitä sekä huolehtii käsittelyyn vaadittujen resurssien koordinoinnista. Informaation säilyminen työmuistissa vaatii jatkuvaa aktiivista ylläpitoa. Työmuistin keskusyksikkö vastaa mallissa korkeamman tason ohjaustoiminnoista ja kontrolloi alajärjestelmien toimintaa. Mallin mukaan keskusyksikkö ohjaa työmuistin toimintaa valitsemalla toimintastrategioita, suuntaamalla tarkkaavaisuutta ja yhdistelemällä eri lähteistä tulevaa informaatiota ja ohjaamalla sen virtausta alajärjestelmiin ja niistä pois. (Baddeley 1986)

Fonologinen silmukka on Baddeleyn (1986) työmuistimallissa kielellisen informaation käsittelyyn ja varastointiin erikoistunut alajärjestelmä. Visuaalis-spatiaalinen luonnoslehtiö vastaa samoista tehtävistä visuaaliselle ja avaruudelliselle informaatiolle. Shah ja Miyake (1996) laajensivat käsitystä visuaalis-spatiaalisen luonnoslehtiöstä osoittamalla sen sisältävän myös visuaalis-spatiaalisia keskusyksikkötoimintoja. Myöhempi tutkimus on antanut viitteitä siitä, että keskusyksiköllä voi olla myös omat, osittain kielelliseen ja visuaalis-spatiaaliseen informaation käsittelyyn erikoistuneet yksiköt (Jarvis & Gathercole 2003).



Kyttälän (2008) mukaan visuaalis-spatiaalisen työmuistin on esitetty säilövän ja käsitte-  
len myös visuaalisia mielikuvia, jotka ovat nykyisen käsityksen mukaan osa rakenteita,  
joista ihmisen mieli rakentuu (Eysenck & Kane 2000). Visuaaliset mielikuvat muistut-  
tavat niiden todellisia fyysisiä kohteita, mutta eivät ole riippuvaisia niiden havaintoku-  
vasta. Visuaalisia mielikuvia voidaan muodostaa säiliömuistiin tallentuneen informaati-  
on tai sanallisten ohjeiden perusteella (Kalakoski 2006) ja ne ovat työmuistin aktiivisen  
konstruoinnin tulos (Cornoldi & Vecchi 2003).

Työmuistikapasiteettia on mitattu kirjallisuudessa moniosaisilla jännetehtävillä (comp-  
lex span) sekä n-back-tehtävällä. Moniosaiset jännetehtävät ovat osoittautuneet kirjalli-  
suudessa luotettaviksi mittareiksi ennustamaan kognitiivista kyvykkyyttä (Unsworth &  
Engle 2007). N-back-tehtävän (Kirchner 1958) käyttö on yleistynyt työmuistia mittaa-  
vissa tutkimuksissa (Shipstead et al. 2012), vaikka sen kognitiivisia mekanismeja ei  
vielä täysin tunneta ja sen yhteys moniosaisiin jännetehtäviin on myös epäselvä (Kane  
et al. 2007b; Jaeggi et al. 2010).

## 2.4 Joustava älykkyys

Älykkyydellä (g) kuvataan älyllisten toimintojen yleistä tehokkuutta (Ackerman et al.  
2005). Se ei ole mikään konkreettinen yksikkö vaan tiettyjen aivorakenteiden ja niiden  
toimintojen ilmenemismuoto (Blair 2006). Työmuistin ja tiedonkäsittelyn nopeuden on  
esitetty muodostavan yhdessä päättely- ja ajattelutaitojen kanssa keskeisen osan yleistä  
älykkyyttä. (Kyttälä 2008)

Cattell (1963) jakoi tutkimuksessaan älykkyuden kahteen laadullisesti erilliseen osaan:  
joustavaan älykkyYTEEN (Gf) ja kiteytyneeseen älykkyYTEEN (Gc). Kiteytyneellä älyk-  
kyydellä tarkoitetaan kaikkia elämän aikana opittuja tietoja ja taitoja. Joustavalla älyk-  
kyydellä viitataan kasvu- ja oppimisympäristöstä riippumattomiin kognitiivisiin kykyi-  
hin kuten kykyyn päätellä ja ratkaista itsenäisesti ennen kohtaamattomia ongelmia il-  
man aiempaa osaamista (Jaeggi et al. 2008).

Joustava älykkyys on välttämätön monille kognitiivisille kyvyille (Gray & Thompson  
2004) ja sitä pidetään tärkeimpänä tekijänä oppimisessa (Feiyue et al. 2009). Joustava  
älykkyys on liitetty vahvasti myös opinto- ja ammatilliseen menestykseen (Neisser et al.  
1996; Deary et al. 2007). Kirjallisuudessa on ollut varsin laaja konsensus siitä, että  
joustava älykkyys olisi vahvasti perinnöllinen ominaisuus ja immuuni koulutuksen ja  
sosiaalisen ympäristön vaikutukselle (Baltes et al. 1999). Viime vuosikymmenen tutki-  
mus on kuitenkin osoittanut, että joustavaan älykkyYTEEN voidaan mahdollisesti vaikut-  
taa kehittämällä työmuistia (Jaeggi et al. 2008, 2010; Au et al. 2014).

Joustavan älykkyuden ja työmuistin välinen tarkka suhde on vielä määrittelemättä (Eng-  
le 2002; Ackerman et al. 2005; Heitz et al. 2006; Salthouse & Pink 2008), mutta on sel-  
vää, että ne ovat voimakkaasti kytköksissä toisiinsa. Vaihtelut joustavan älykkyuden ja

työmuistin kapasiteeteissa osoittavat vähintään 50 % limittymisen niiden vaihtelussa (Kane et al. 2005; Oberauer et al. 2005) ja työmuistia aktiivisesti mittaavien testien, kuten n-back-tehtävän, on osoitettu ennustavan luotettavasti joustavan älykkyyden testituloksia (Gray et al. 2003; Haavisto & Lehto 2004; Kane et al. 2004; Kane et al. 2007; Schmiedek et al. 2009; Jaeggi et al. 2010).

Työmuisti ennustaa jo päiväkotiiässä lasten joustavan älykkyyden kapasiteettia (de Abreu et al. 2010) ja yksilölliset erot työmuistissa ennustavat lasten verbaalista ja matemaattista kykyä (Gathercole & Pickering 2000; Swanson & Beebe-Frankenberger 2004; Cowan et al. 2005). Kane ja Engle (2002) ja Gray et al. (2003) ovat osoittaneet toiminnallisissa magneettikuvaustutkimuksissa (fMRI) työmuistin ja joustavan älykkyyden jakavan myös samat aivojen hermoverkot etuotsalohkon ja päälakilohkon kuorikerroksilla.

Joustavan älykkyyden ja työmuistin yhdistäväksi kognitiiviseksi tekijäksi on esitetty mm. kontrolloitua tarkkaavaisuutta (Gray et al. 2003; Kane et al. 2004, 2006), jolla viitataan kykyyn pitää valitut ärsykkeet ja informaatio joustavasti saatavilla silloinkin, kun ne eivät ole tietoisuuden keskiössä sekä torjumaan häiritsevät ärsykkeet (Cowan et al. 2005; Kane et al. 2006; Colflesh & Conway 2007). Kane et al. (2007b) osoittivat, että henkilöt, joilla on korkeampi työmuistikapasiteetti pystyvät pitämään paremmin tarkkaavaisuuden valitussa ärsykkeessä. Matala työmuistikapasiteetti ilmenee puolestaan heikkona tarkkaavaisuuden kontrollina ja esimerkiksi ADHD-lapset kärsivät siihen liittyvästä valikoivan tarkkaavaisuuden häiriöstä (Diamond 2005). Carpenter et al. (1990) ovat esittäneet, että tarkkaavaisuuden lisäksi myös kyky päätellä asioiden abstrakteja suhteita ja ylläpitää isoa joukkoa mahdollisia tavoitteita yhtä aikaa työmuistissa vaikuttaisi yksilöiden eroihin joustavan älykkyyden testeissä.

Työmuistin ja joustavan älykkyyden välisen suhteen on kirjallisuudessa arveltu olevan hierarkkinen (Geary, 2007; Demetriou et al. 2010). Hierarkkisen mallin mukaan työmuisti tarjoaisi rajallisen tiedonkäsittelykapasiteetin, johon joustava älykkyys kytkeytyisi ja jonka päälle sen ongelmanratkaisutaidot ja abstrakti päättelykyky rakentuvat (Geary 2007). Shipstead et al. (2012) esittävät, että joustava älykkyys liittyisi työmuistiin sen aktiivisten keskusyksikkötoimintojen kautta.

## 2.5 Työmuistitehtävät

Kliinisessä ja empiirisessä tutkimuksessa käytetään laajasti erilaisia työmuistikapasiteetin mittaamiseen kehitettyjä tehtäviä. Tunnetuimpia työmuistitehtäviä ovat erilaiset moniosaiset jännetehtävät sekä Corsin kuutiot ja n-back-tehtävä (Shipstead et al. 2012). Tässä tutkimuksessa hyödynnetään kahta viimeksi mainittua työmuistitehtävää.

### 2.5.1 Corsin kuutiot

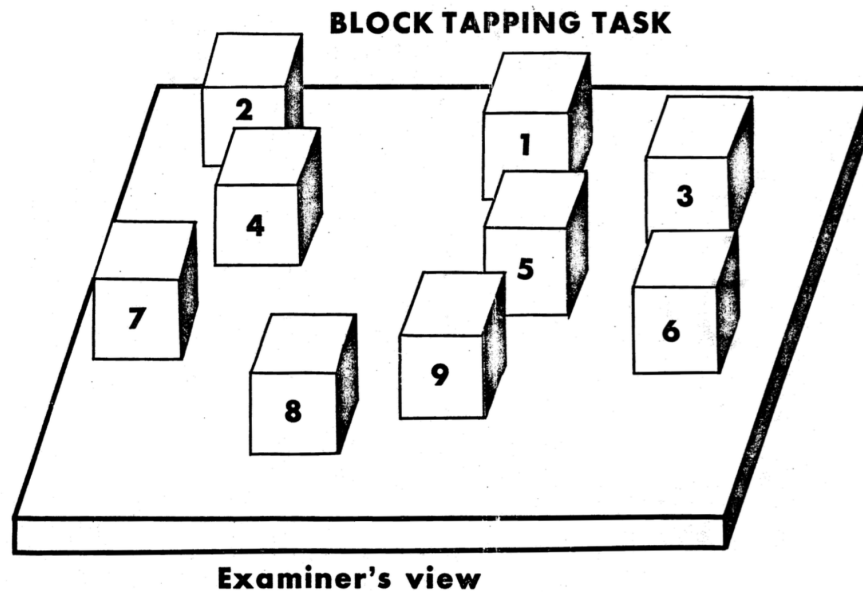
Philip Corsi kehitti väitöstutkimuksessaan Corsin kuutiot (CBT) -tehtävän lyhytkestoisen visuaalisen muistin (VSTM) mittaamiseen (Corsi 1972). Hän suunnitteli tehtävän alun perin vastineeksi Hebbsin (1961) verbaalisen muistin tehtävälle. Tehtävää käytettiin alkuperäisissä tutkimuksissa epilepsia potilaiden testaamiseen ohimolohkojen leikkauksen jälkeen (Milner 1971; Corsi 1972). Tutkimukset osoittivat erot vasemman ja oikeanpuoleisen ohimolohkoleikkausten välillä. Tutkimuksista voitiin päätellä, että aivokuoren vasemmanpuoleisen takaosan olevan kriittinen verbaaliselle ja oikeanpuoleisen takaosan visuaalis-spatiaaliselle työmuistille (Milner 1971). Tutkimusten tulokset olivat niin vakuuttavat, että Corsin kuutioista tuli yksi merkittävimmistä visuaalis-spatiaalisen muistin testeistä ja se on sisällytetty myös merkittävän neuropsykologisen testipatterin osaksi (Kaplan et al. 1991).

Corsin alkuperäinen testiväline (Milner 1971; Corsi 1972) koostui yhdeksästä mustasta kuutiosta, jotka oli sijoitettu epäsäännölliseen järjestykseen puulaudalle (Kuva 3). Testissä valvoja osoittaa sekunnin välein satunnaisessa järjestyksessä kuutioita. Jokaisen valvojan osoittaman sarjan jälkeen koehenkilö pyrkii toistamaan sarjan. Osoitussarjan pituutta kasvatetaan testissä, kunnes koehenkilö ei pysty toistamaan sarjaa oikein.

Corsin kuutiot on ollut laajassa käytössä kliinisessä ja kokeellisessa tutkimuksessa vuosikymmeniä ja siitä on vuosien aikana käytetty useita erilaisia versiota, joissa testilaitteen ominaisuudet sekä testin hallinnoinnin käytännöt ovat vaihdelleet merkittävästi. Berch et al. (1998) kritisoivat kirjallisuuskatsauksessaan voimakkaasti testien standardoimattomuutta. Testien standardoimattomuus sekä niiden yksityiskohtien dokumentoimattomuus on johtanut heidän mukaansa siihen, että luotettavaa informaatiota on raportoitu lopulta hyvin vähän.

Testilaitteiden osalta Berch et al. (1998) nostavat erityisesti esiin laudan ja kuutioiden koon vaihtelun, sillä se voi heidän mukaansa vaikuttaa kuutioiden sijoitteluun ja niiden välimatkoihin laudalla, jotka voivat edelleen vaikuttaa mentaalisen esityksen sekä kuutioista muodostuvan polun vaikeuteen. Smirni et al. (1983) osoittivat, että kuutioiden osoitussarjasta muodostuvan polun vaikeus voi vaikuttaa testin vaikeuteen sarjan pituudesta riippumatta. Heidän suorittamassa tutkimuksessa 58 % koehenkilöistä onnistui pidemmän sarjan toistamisessa epäonnistuttuaan aiemmin lyhyemmällä sarjalla. Kun polun konfiguraation vaikeutta kontrolloitiin tilastollisesti, vain 6 % koehenkilöistä onnistui samassa (Smirni et al. 1983).

Testin hallinnoinnin osalta Berch et al. (1998) nostavat esiin vaihtelut polun generointitavassa, osoitusnopeudessa, aloituspaikassa sekä testin kokonaispituudessa. Tutkimukset eivät tavallisesti olleet dokumentoineet polun generointitapaa, vaikka sen on osoitettu vaikuttavan tehtävän vaikeuteen. Tehtävän vaikeuteen voi vaikuttaa myös sarjan



**Kuva 3.** Alkuperäinen Corsin kuutiot -testiväline (Corsi 1972).

aloituspaikka, siitä alkavan polun vaikeuden ja muistettavuuden kautta. Osoitusnopeuden voi arvioida myös vaikuttavan tehtävän vaikeuteen ainakin pidemmillä sarjoilla.

Corsin kuutiot on yksinkertainen, mutta tehokas testi, minkä vuoksi se on nauttinut laajaa suosiota kliinisessä ja kokeellisessa tutkimuksessa. Corsin kuutioilla on testattu kaiken ikäisiä ja erilaisista kognitiivisista poikkeamista, kuten oppimisvaikeuksista, kehitysvammoista ja dementiaasta kärsiviä koehenkilöitä (Berch et al. 1998). Tehtävää on käytetty myös tutkittaessa ei-verbaalisen lähimuistin vajetta (Morris et al. 1988), spatioaalisten taitojen kehityksellisiä- ja sukupuolieroja (Capitani et al. 1991) sekä visuaalispatiaalisen työmuistin teoreettisten konseptien selventämiseen (Jones et al. 1995). Baddeleyn (1974) työmuistimallissa Corsin kuutioiden mittaama lyhytkestoinen visuaalinen muisti sijoittuu visuaalis-spatiaaliseen luonnoslehtiöön ja sitä voidaan käyttää tehokkaasti koehenkilöiden visuaalis-spatiaalisen työmuistikapasiteetin mittaamisen (Kessels et al. 2000; Vecchi & Richardson 2001; Vandierendonck et al. 2004; Rowe et al. 2008).

Corsin kuutioiden uskotaan vaativan sarjallisen ei-verbaalisen muistin lisäksi myös muita lyhytkestoiselle visuaalisen muistille tärkeitä komponentteja kuten visuaalisen informaation koodausta, informaation ylläpitoa, spatioaalisen sijaintitiedon ylläpitoa, epäolennaisen informaation suodattamista sekä vastauksen valitsemisen muistiin palauttamisen aikana (Bruyer & Scailquin 1999; Fischer 2001). Smyth ja Scholey (1992, 1994) osoittivat tutkimuksissaan, että spatioaalisten kohteiden ylläpitäminen lähimuistissa vaatii aktiivista spatioaalista tarkkaavaisuutta, jota mikä tahansa toinen spatioaalista tarkkaavaisuutta vaativa tehtävä (visuaalinen, auditiivinen, aisti- ja motorinen) häiritsee. Heidän tutkimuksensa antoi myös viitteitä siitä, että visuaalinen ja spatioaalinen kuvasto toimivat toisistaan erillään.

Berch et al. (1998) esittävät omassa kirjallisuuskatsauksessaan Corsin kuutioiden avainkomponenteiksi sarjallisen tiedon käsittelyä, paikkatietoa sekä polun konfiguraatiota. Heidän mukaansa sarjallisen muistiin palauttamisen osuus saattaa olla kirjallisuudessa arvioitua pienempi, sillä paikkatieto yhdistyy mielessä järjestyksen muistamiseen (Jones et al. 1995) ja Smirni et al. (1983) löydöksen viittaavat siihen, että polun konfiguraatio muodostaisi testin suorituksen kannalta kriittisen informaation paikkatiedon sijaan. Tämä voi olla merkittävää, jos pyritään mittaamaan sarjallisen informaation käsittelyn kapasiteettia. Lisäksi polun konfiguraation muistamiseen liittyvät vaatimukset työmuistille saattavat olla paljon suuremmat kuin pelkän sarjallisen informaation muistamisen.

Sarjallisen luonteensa vuoksi Corsin kuutiot kasvattaa tehtävän suorituksen aikana eteenpäin suuntautuvaa häiriötä (PI), mikä on otettava huomioon erityisesti ikäihmisiä testattaessa, joilla PI:n on osoitettu vaikuttavan nuoria enemmän (Lustig & Hasher 2001). Eteenpäin suuntautuvaksi häiriöksi kutsutaan tilannetta, jossa lähimenneisyyden tapahtumat häiritsevät muistamista nykyhetkellä (Hasher et al. 2007). Ikääntyneet ovat tämän lisäksi alttiimpia myös häiriöille, jotka ovat tapahtuneet edeltäneenä hetkenä (Hasher et al. 2007). Ikäihmisillä PI:n nopea kasvu toimii vastavoimana harjoitusvaikutukselle ja vaikuttaa näin merkittävästi testin lopputulokseen (Rowe et al. 2008). Testin tulokseen vaikuttaa PI:n osalta myös testin suorituksen ajankohta vuorokaudessa. Hasher et al. (1999) mukaan ikäihmisten kognitiivisen suorituskyvyn huippu on tyypillisesti aamulla, kun se sijoittuu nuorilla iltapäivään. Hasher et al. (2002) mukaan PI:n vaikutus on pienimmillään kognitiivisen huipun aikana ja kasvaa myöhemmin.

Vandierendonck et al. (2004) tutkivat Corsin kuutioiden käyttämiä työmuistinkomponentteja mittaamalla informaation käsittelyoperaatiota käyttäen Baddeleyn (2000) työmuistimallia viitekehyksenä. Heidän tutkimusoletuksensa oli, että jos Corsin kuutiot kuormittavat ainoastaan visuaalis-spatiaalisen luonnoslehtiön resursseja ei fonologisen silmukan ja keskussyksikön samanaikainen kuormitus vaikuta suoritukseen. Tutkimus osoitti olettamuksen oikeaksi ja toisti Symth ja Scholey (1992) tutkimustuloksen, jonka mukaan välitön spatiaalisten kohteiden sarjallinen muistin palauttaminen käyttää visuaalis-spatiaalisen luonnoslehtiön resursseja. Tutkimus osoitti kuitenkin myös, että keskipitkillä ja pitkällä sarjoilla keskussyksikön samanaikainen rasitus heikentää suoritusta, mikä viittaisi siihen, että se osallistuu suoritukseen sarjan pidentyessä.

Vandierendonck et al. (2004) tutkivat Corsin kuutioiden suoritusta myös käännetyssä järjestyksessä, jossa vastaaminen aloitetaan viimeisenä osoitetusta kuutiosta. Tulokset tavalliseen järjestykseen erosivat pitkällä sarjoilla, jolloin myös fonologisen silmukan rasittaminen heikensi suoritusta, mikä viittaisi siihen, että myös se osallistuu suoritukseen tehtävän vaikeutuessa. Käänteinen järjestys vaikutti lisäksi suuremman harjoitusvaikutuksen perusteella olevan hieman vaikeampi suorittaa ja ilman harjoitusta suoritettavat sarjat jäivät lyhyemmiksi. Toisaalta polun konfiguraation (Smirni et al. 1983) ja sen osoitussarjasta muodostuvan mentaalisen polun merkitys tehtävän suoritukselle vähen-

tää muistamisjärjestyksen merkitystä verrattuna vastaavan verbaaliseen testiin (Gardner 1981).

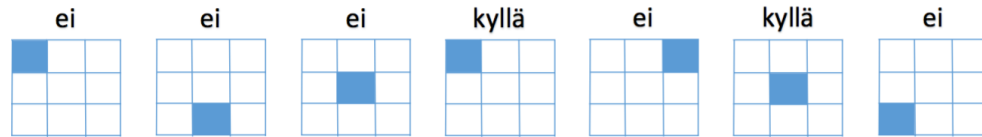
Vandierendonck et al. (2004) arvioivat tutkimuksen perusteella Corsin kuutioiden kuormittavan tavallisessa järjestyksessä puhtaammin visuaalis-spatiaalisen luonnoslehtiötä ja soveltuvan siten kliinisessä työssä paremmin visuaalis-spatiaalisten kykyjen mittaamiseen. Keskusyksikön resurssit kuitenkin osallistuvat suoritukseen sarjojen pidentyessä.

## 2.5.2 N-back

N-back-tehtävä on 1950-luvulla (Kirchner 1958) kehitetty ja yleisesti kognitiivisissa tutkimuksissa käytetty testi. N-back-tehtävässä koehenkilölle esitetään alkioita (esim. spatiaalisia tai verbaalisia) jatkuvana sarjana ja koehenkilön tulee tunnistaa, onko esitetty alkio sama kuin n-askelta aiemmin esitetty alkio. Visuaalis-spatiaalisessa n-back-tehtävässä, jota käytetään tässä tutkimuksessa, koehenkilön tulee muistaa pseudo-satunnaisissa paikoissa esitettyjen alkioiden paikka testisarjassa n-askelta aiemmin (Kuva 4). N-back-tehtävässä voi esiintyä myös ns. lureja, jotka ovat sarjassa esitettäviä alkioita, jotka eivät ole kohteita, mutta ovat samoja kuin kohteena oleva alkio. Kirjallisuudessa on esitetty lurejen vaikuttavan n-back-tehtävän vaikeustasoon pienillä n:n tasoilla (Gray et al. 2003; Kane et al. 2007).

N-back-tehtävää on käytetty yleisesti useilla kognitiivisen tutkimuksen alueilla kuten kognitiivisessa neurotieteen työmuisti- (Owen et al. 2005), kognitiivisen ikääntymisen (Kirchner 1958) sekä kognitiivisten kykyjen lähi- ja kaukosiirtymien tutkimuksessa (Jaeggi et al. 2010). Schmiedek et al. (2009) mukaan suosioistaan huolimatta N-back-tehtävän suoritukseen vaikuttavia mekanismeja ei tunneta tarkasti, mutta siihen vaikuttaa todennäköisesti joukko työmuistin prosesseja. Visuaalis-spatiaalinen n-back-tehtävä vaatii lisäksi viiveellä tapahtuvaa spatiaalisen tiedon päivittämistä ajallisessa järjestyksessä. Jatkuvan päivittämisen mekanismeja ei kuitenkaan tunneta vielä tarkasti ja ne saattavat vaihdella eri n-back-tehtävien välillä. Lisäksi kirjallisuudessa on esitetty, että visuaalis-spatiaalisilla kyvyillä ja joustavalla älykkyydellä näyttäisi olevan läheinen suhde (Miyake et al. 2001; Kane et al. 2004), mutta niiden suhteen ja n-back-tehtävän välisiä mekanismeja ei tunneta.

N-back-tehtävän suosio kognitiivisia interventioita koskevissa tutkimuksissa on lisääntynyt erityisesti Jaeggi et al. (2008) julkaistua tutkimuksen, jossa he onnistuivat osoittamaan kaukosiirtymän joustavaan älykkyyteen. Siirtovaikutukset jaetaan kirjallisuudessa lähi- ja kaukosiirtymiin. Siirtovaikutusta muihin työmuistia mittaviin testeihin kutsutaan lähisiirtymäksi. Siirtovaikutusta työmuistiin liittyviin muihin kykyihin kutsutaan kaukosiirtymäksi. Lähisiirtymä todistaa mahdollisen työmuistin kasvun ja antaa tavan, jolla mahdollinen kaukosiirtymä voidaan selittää.



**Kuva 4.** Visuaalis-spatiaalinen 3-back tehtävä, jossa koehenkilö vastaa oliko alkion paikka sama 3-askelta aiemmin.

Mahdollisuus vaikuttaa joustavaan älykkyyteen työmuistia harjoittamalla perustuu kirjallisuudessa tunnistettuun mahdollisuuteen vaikuttaa siirtovaikutuksen kautta toiseen kykyyn, joka kytkeytyy samaan tai osin päällekkäiseen hermoverkkoon (Dahlin et al. 2008). Kane ja Engle (2002) ja Gray et al. (2003) ovat osoittaneet toiminnallisissa magneettikuvaustutkimuksissa (fMRI) työmuistin ja joustavan älykkyyden käyttävän samoja hermoverkon osia etuotsalohkon ja pääkalilohkon kuorikerroksilla. Halford et al. (2007) esittivät, että työmuisti ja joustava älykkyys jakavat myös yhteisen kapasiteettirajoitteen, jota ohjaa tarkkaavaisuuden hallintaprosessit. Kirjallisuudessa on esitetty yleisesti, että yksilöiden eroja joustavan älykkyyden testeissä selittävät erityisesti kyky päätellä abstrakteja suhteita sekä työmuistin kapasiteetti (Carpenter et al. 1990; Gray et al. 2003; Kane et al. 2004).

Jaeggi et al. (2008) käyttivät alkuperäisessä tutkimuksessaan adaptiivista dual-n-back tehtävää, joka on n-back-tehtävän monimutkaisempi versio. Dual-n-back-tehtävässä koehenkilön tulee muistaa spatiaalisen alkion lisäksi myös samanaikainen auditiivinen alkio. Dual-n-back tehtävä sisältää kahdesta syötteestä johtuen tehtävänvaihdon, jota tavallisessa n-back-tehtävässä ei ole. He onnistuivat tutkimuksessa osoittamaan tilastollisesti merkittävän kaukosiirtymän BOMAT:in (Hossiep et al. 1999) matriisipäätelytehtävään. He vertasivat myöhemmässä tutkimuksessa (Jaeggi et al. 2010) n-back- ja dual-n-back-tehtävien siirtovaikutuksia. He löysivät vahvan korrelaation näiden välillä ( $r = 0,72$ ). Molempien versioiden harjoitustulos ennusti joustavaa älykkyyttä, mutta dual-n-back-harjoittelun tulokseen vaikutti koehenkilön työmuistikapasiteetti. Tutkimuksen tulokset viittaisivat siihen, että molemmilla n-back-tehtävillä siirtovaikutus on todennäköisempi matriisipäätely- kuin moniosaisiin jännetehtäviin ja että yksinkertainen n-back-tehtävä saattaa olla harjoitusvälineenä jopa dual-n-back-tehtävää tehokkaampi, sillä tutkimuksessa dual-n-back-tehtävä osoitti siirtovaikutuksen ainoastaan Ravenin matriisipäätelytehtävään (Raven 1990) kun n-back-tehtävä osoitti sen myös BOMAT:in (Hossiep et al. 1999) matriisipäätelytehtävään.

N-back-tehtävällä suoritetuilla harjoitusohjelmilla koehenkilöt edistyvät tavallisesti 4-5 viikossa useita tasoja. Tämä ei kuitenkaan välttämättä kerro parantuneesta työmuistikapasiteetista. Harjoittelun tulos onkin kontrolloitava esimerkiksi esi- ja jälkitesteillä (Shadish et al. 2002), jossa sarjalla harjoittelemattomia ja kognitiivista kykyä mittaamaan suunniteltuja testejä, voidaan mitata harjoittelun todellista vaikutusta työmuistikapasiteettiin.

pasiteettiin (Klingberg 2010) sekä sulkea pois mittaustuloksia vääristävä harjoitusvaikutus. (Shipstead et al. 2012)

Kognitiiviset interventiot n-back-tehtävään perustuvilla harjoitusohjelmilla eivät ole pystyneet yleisesti todistamaan siirtovaikutusta joustavaan älykkyyteen vaan tulokset ovat olleet ristiriitaisia. Toiset tutkimukset ovat osoittaneet joitain siirtovaikutuksia (Jaeggi et al. 2008; Rudebeck et al. 2012; Stephenson & Halpern 2013) kun taas toiset eivät ole löytäneet merkkejä siirtovaikutuksesta (Redick et al. 2013; Thompson et al. 2013). Au et al. (2014) löysivät meta-analyysissä pienen, mutta tilastollisesti merkittävä siirtovaikutuksen joustavaan älykkyyteen ( $g = 0,24$ ,  $SE = 0,07$ ), mikä vastaa noin 3-4 ÄO-pistettä standardoidussa älykkyystestissä. Siirtovaikutus näkyi meta-analyysissä verbaalisissa ja spatiaalisissa tehtävissä, mikä viittaisi siihen, ettei mahdollinen siirtovaikutus rajoittuisi ainoastaan matriisipäättelytehtäviin (Shipstead et al. 2012). Meta-analyysissä ei löytynyt eroja dual-n-back ja n-back tehtävien välillä, mikä vahvisti Jaeggi et al. (2010, 2013) aiemmat tutkimustulokset.

Jaeggi et al. (2013) ovat esittäneet yhdeksi mahdolliseksi selitykseksi tutkimustulosten ristiriitaisuudelle sisäisiä ja ulkoisia motivaatiotekijöitä. Deci et al. (1999) ovat osoittaneet, että ulkoiset motivaatiotekijät, kuten rahapalkkio, voi vähentää sisäistä motivaatiota. Rahallisen korvauksen maksaminen tutkimukseen osallistumisesta saattaa valikoida koehenkilöiksi enemmän rahallisesta korvauksesta kuin itsensä kehittämisestä kiinnostuneita. Tämä voi näkyä harjoitustilanteessa kehittymiselle välttämättömän (Jaeggi et al. 2013) sinnikkyyden ja ponnistelun vähenemisenä (Duckworth et al. 2007). Au et al. (2014) eivät onnistuneet löytämään meta-analyysissään tälle hypoteesille kunnollista vahvistusta. He löysivät negatiivisen korrelaation rahallisen korvauksen kanssa ( $p = 0,05$ ), mutta vaikutus menetti tilastollisen merkittävyyden, kun muista poikkeavat tulokset poistettiin analyysistä ( $p = 0,22$ ).

Kirjallisuuden perusteella vaikuttaisi siltä, että ikääntyneillä n-back-harjoitusohjelmien vaikutus rajoittuisi ainoastaan harjoiteltuun tehtävään. Li et al. (2008) osoittivat ei-adaptiivisella n-back-harjoitusohjelmalla lähisiirtymän toisiin n-back-tehtäviin, mutta eivät moniosaiseen jännetehtävään. Tutkimuksen seurantajakso osoitti lisäksi harjoitusohjelman tulosten säilyvän ikääntyneillä huonommin ja he näyttäisivät tarvitsevan säännöllistä harjoittelua lyhyiden interventioiden sijaan ylläpitääkseen kognitiivista kapasiteettia. Dahlin et al. (2008) eivät löytäneet tutkimuksessaan ikääntyneiltä samanlaista aivojen aktivoitumista, eivätkä harjoittelun siirtovaikutusta kuin nuoremmalla kontrolliryhmällä, mikä saattaa viitata siihen, että siirtovaikutuksen puuttuminen johtuisi ikääntymisen tuomista muutoksista aivoissa (O'Reilly & Frank 2006).

Schmiedek et al. (2009) tutkivat lurejen vaikutusta n-back-tehtävän vaikeuteen ikäihmisillä. He löysivät niiden vaikeuttavan merkittävästi tehtävän suoritusta pidentämällä vastausaikoja ja vähentämällä oikeiden vastausten määrää. Ikääntyneiden vaikutti tutkimuksen perusteella olevan lisäksi helpompaa vastata kohteeseen kuin ei-kohteeseen.



Luret vaikeuttivat tehtävää neljällä ensimmäisellä tasolla, minkä jälkeen niiden vaikutus hävisi. Neljälle viimeisellä alkiolla näyttäisi olevan etusija informaation päivityksessä (Cowan 2001, 2010) ja tämän ominaisuuden merkitys näyttäisi vain kasvavan ikääntyessä (Schmiedek et al. 2009).

### 3. IKÄÄNTYMISEN VAIKUTUS KOGNITIIVISEEN TOIMINTAKYKYYN

Ikääntyessä kognitiivinen toimintakyky heikkenee, mikä on seurasta kognitiivisista ja neurologisista muutoksista aivoissa. Tavallisessa ikääntymisessä muutokset kognitiivisessa toimintakyvyssä ovat hitaita ja kehittyvät vuosikymmenien kuluessa. Kognitiiviset kyvyt voivat heiketä myös nopeasti erilaisten muistihäiriöiden ja etenevien muistisairauksien seurauksena. Tavallista, ikääntymisen myötä hitaasti kehittyvää kognitiivisen toimintakyvyn heikentymistä, kutsutaan kognitiiviseksi ikääntymiseksi.

#### 3.1 Kognitiivinen ikääntyminen

Kognitiivisella ikääntymisellä viitataan kognitiivisten kykyjen, kuten oppimisen ja muistamisen heikkenemiseen ikääntyessä. Kognitiivisten kykyjen heikkeneminen on hyvin yksilöllistä ja siihen vaikuttavat monet perinnölliset ja ympäristötekijät. Tutkimukset arvioivat, että 60 % kognitiivisesta vaihtelusta selittyisi perinnöllisillä tekijöillä (McClearn et al. 1997). Kognitiiviseen heikentymiseen vaikuttavat kiihdyttävästi erilaiset sairaudet, psykologiset tekijät sekä näkö- ja kuulovammojen kaltaiset sensoriset vajeet (Salthouse 2010).

Kognitiivinen ikääntyminen, joka alkaa jo 20 ikävuoden jälkeen (Salthouse 2010), vaikuttaa eri tavalla kognitiivisiin kykyihin. Jotkin kyvyt ovat herkempiä kognitiiviselle ikääntymiselle samalla kun toiset pysyvät muuttumattomia hyvin pitkään. Yleisimmin tunnettuja kykyjä, joihin ikääntyminen alkaa vaikuttaa varhain, ovat muisti, tiedonkäsittelyn nopeus, päättely- sekä visuaalis-spatiaaliset kyvyt (Salthouse 2009). Kognitiiviseen ikääntymiseen liittyvä heikentyminen on raportoitu kirjallisuudessa vaikuttavan myös episodiseen muistiin, tarkkaavaisuuteen sekä toiminnanohjaukseen (Meijer et al. 2009; Tucker-Drob et al. 2009; Coubard et al. 2011). Toiminnanohjauksen heikkeneminen vaikuttaa itsessään mm. ongelmaratkaisu-, suunnittelu-, organisointi- sekä päättelykykyyn (Lezak et al. 2012). Lisäksi se on liitetty vahvasti arkielämästä selviämisen vaikeutumiseen (Royall et al. 2000).

Kognitiivisessa ikääntymisessä heikkenee myös kyky valikoida olennaista ja suodattaa epäolennaista informaatiota (Hasher et al. 2007). Tämän seurauksena ikääntyneet ovat herkempiä erilaisille häiriöille visuaalisissa hakutehtävissä (Scialfa et al. 1998) sekä aisteihin perustuvissa nopeustesteissä (Lustig et al. 2006). Ikääntyneet ovat tämän lisäksi alttiimpia myös eteenpäin suuntautuvalla häiriöllä, jonka on osoitettu vaikuttavan esimerkiksi muistitehtävien suorittamiseen, joissa edeltävät tehtävät vaikeuttavat seu-

raavien tehtävien muistamista. PI:n vaikutus on tunnettu pitkään ja sen on osoitettu vaikuttavan työmuistin lisäksi oppimiseen (Lustig et al. 2001).

Kognitiivisen ikääntymisen vaikutukset kiteytyneeseen ja joustavaan älykkyyteen eroavat toisistaan. Kiteytynyt älykkyys, jolla tarkoitetaan elämän aikana opittuja tietoja ja taitoja, säilyy tyypillisesti hyvin kognitiivisessa ikääntymisessä, kun terveydelliset ja sosiaaliset tekijät otetaan huomioon (Salthouse 2009). Sanaston rikkaus on tyypillinen kiteytyneen älykkyyden muoto, jonka on osoitettu kehittyvän aina yli 60-vuotiaaksi saakka ja köyhtyvän sen jälkeen vain hitaasti (Salthouse 2009).

Joustavaan älykkyyteen liittyvät kyvyt kuten toiminnanohjaus, tiedonkäsittelyn nopeus ja muisti saavuttavat huippunsa 20 ikävuoden jälkeen ja heikkenevät tämän jälkeen tasaisesti. Salthousen (2012) mukaan tiedonkäsittelyn nopeus hidastuu keskimäärin -0,02 s vuosittain. Tarkkaavaisuuden osa-alueista jaettu- ja selektiivinen tarkkaavaisuus heikkenevät kognitiivisessa ikääntymisessä (Salthouse et al. 1995). Jaetulla tarkkaavaisuudella tarkoitetaan kykyä tarkkailla useaa kohdetta samanaikaisesti ja selektiivisellä tarkkaavaisuudella kykyä kohdistaa tarkkaavaisuus valittuun kohteeseen ja jättää muut samanaikaiset tarkkaavaisuutta häiritsevät ärsykkeet huomiotta (Harada et al. 2013). Kognitiivinen ikääntyminen vaikuttaa myös ongelmaratkaisu- ja päättelykykyyn (Salthouse 2010) sekä heikentää ajattelun joustavuutta ja lisää vastaavasti taipumusta reagoida automaattisesti tilanteissa, joissa olisi mahdollisuus toimia uudella tavalla (Wecker et al. 2000).

Kognitiivinen ikääntyminen vaikuttaa myös pitkäkestoiseen säiliömuistiin. Pitkäkestoisen säiliömuistin tyypeistä kognitiivinen ikääntyminen vaikuttaa Harada et al. (2013) mukaan vain deklaratiivisen muistin ominaisuuksiin, joihin kuuluvat semanttinen ja episodinen muisti. Salthousen (2010) kirjallisuuskatsauksen mukaan semanttinen ja episodinen muisti alkavat heiketä 30 ikävuoden jälkeen. Uusien asioiden oppimisen ja muistamisen heikentyminen liittyy tutkimusten mukaan ainakin tiedonkäsittelyn nopeuden hidastumiseen (Luszcz & Bryan 1999), epäolennaisen informaation suodattamisen heikkenemiseen (Darowski et al. 2008) sekä erilaisten oppimista ja muistamista parantavien strategioiden käytön vähenemiseen (Davis et al. 2013). Juuri opitun tiedon palauttaminen muistista heikkenee myös kognitiivisen ikääntymisen myötä (Price et al. 2004).

Kognitiivisen ikääntymisen ja kuolleisuuden välillä on kirjallisuudessa osoitettu olevan yhteys. Batterham et al. (2009) mukaan joustavan älykkyyden heikentyminen ennustaa itsenäisesti kuolleisuutta ikäihmisillä. Lyhytkestoisen työmuistin ja kuolleisuuden välillä on osoitettu samanlainen yhteys ei-muistisairaille aikuisilla (Ghisletta et al. 2006; Shipley et al. 2006). Joustavan älykkyyden testit (Ghisletta et al. 2006) ja erilaiset oppimistehtävät (Ghisletta et al. 2006; Royall et al. 2007) heikkenevät tavallisesti enemmän ja ovat vahvemmin yhteydessä kuolleisuuteen kuin yleiset älykkyys- tai toiminnanohjaustestit. Heikko suoriutuminen toiminnanohjauksen testeissä kuten Mini-Mental

State (MMSE) -testissä (Dartigues et al. 2007) ennustaa usein korkeampaa kuolleisuutta, vaikka yhteyden ei ole aina todettu olevan merkittävä (Ostbye et al. 2006).

### 3.2 Neurologinen ikääntyminen

Ikääntyminen näkyy kognitiivisen toiminnan muutosten lisäksi myös aivojen rakenteessa. Aivojen harmaa aine alkaa vähetä jo 20 ikävuoden jälkeen (Terry & Katzman 2001) ja sen väheneminen on merkittäväntä etuotsalohkon kuorikerroksella sekä hippokampus (Raz et al. 2004). Etuotsalohkon kuorikerros on liitetty toiminnallisissa magneettikuvaustutkimuksissa (fMRI) vahvasti työmuistin ja joustavan älykkyyden toimintoihin (Jaeggi et al. 2003). Hippokampus on tutkimuksissa liitetty oppimiseen ja kykyyn tallentaa opittuja asioita pitkäkestoiseen säiliömuistiin (Piolino et al. 2008) ja sen merkitys normaaleille muistitoiminnoille yhdessä sisempien ohimolohkojen kanssa on kriittinen (Erickson & Barnes 2003).

Harmaan aineen vähenemisen näyttäisi selittävän parhaiten hermosolujen koon pieneneminen sekä niitä yhdistävien synapsien väheneminen (Terry & Katzman 2001). Hermosolujen rakenteen muutokset vaikuttavat luultavasti suoraan synapsien määrään (Dickstein et al. 2007). Aiemmin oletettu, että kognitiivisen ikääntymisen tuomat muutokset olisivat seurausta hermosolujen häviämisestä, mutta Morrison ja Baxter (2012) mukaan kognitiivisten kykyjen muutokset ovat luultavasti seurausta muutoksista synapsien yhteyksissä.

Aivojen harmaan kuorikerroksen alla sijaitseva valkoinen aine vähenee ikääntyessä harmaata ainetta enemmän. Tisserand et al. (2002) mukaan tutkimukset viittaavat siihen, että valkoisen aineen väheneminen alkaa ilmeisesti vasta myöhemmin aikuisiällä, mutta 70 ikävuoteen mennessä aivojen valkoisesta aineesta on hävinnyt jo noin 20 % (Jernigan et al. 2001; Salat et al. 2001;). Sen on havaittu menettävän samalla myös rakenteellista yhtenäisyyttään (O'sullivan et al. 2001). Valkoisen aineen väheneminen on kirjallisuudessa liitetty tarkkaavaisuuden (Grady 2012), toiminnanohjauksen (O'sullivan et al. 2001) sekä muistin heikkenemiseen (Rogalski et al. 2012).

Aivojen tyvitumakkeeseen kuuluvan striatumin muuttuminen ikääntyessä on dokumentoitu myös kirjallisuudessa (Raz et al. 2003; Buckner 2004). Striatumilla on keskeinen rooli aivojen informaatiavirralla. Striatum vastaanottaa kaiken aivoihin saapuvan informaation ja sen tehtävä on suodattaa siitä olennainen informaatio ja välittää se työmuistille (McNab & Klingberg 2008). Striatumin heikentynyt toiminta saattaa selittää ikäntyneiden heikommat oppimistulokset (Raz et al. 2003; Dahlin et al. 2008).

Aivojen rakenteen muutokset näyttävät johtavan ikääntyessä myös aivojen eri osissa toimivien hermoverkkojen toiminnan ja yhteistyön muutoksiin. Ikäihmiset joutuvat käyttämään työmuistia vaativiin tehtäviin enemmän aikaa sekä turvautumaan nuorempia enemmän pelkästään etuotsalohkon kuorikerrokseen informaation käsittelyssä. Nuo-

remmat hyödyntävät samoissa tehtävissä myös kuorikerroksen takaosan hermoverkkoja, joiden tiedetään osallistuvan spatiaalisen informaation käsittelyyn (McEvoy et al. 2001).

Collette ja Van der Linden (2002) tutkimukset toiminnanohjaukseen liittyen näyttäisivät viittaavan siihen, että kognitiiviset kyvyt ovat enemmän eri hermoverkkojen vuorovaikutuksen kuin yksittäisten erikoistuneiden hermoverkkojen tulosta ja näiden heikentynyt vuorovaikutus johtaisi erilaisiin toiminnan häiriöihin. Tämä voisi heidän mukaansa selittää myös Alzheimerin taudissa esiintyvät erilaiset toiminnanohjauksen häiriöt.

Aivojen rakenteen muuttuessa muuttuu myös aivojen sähköinen toiminta, joka voidaan nähdä EEG-mittauksissa. Onton et al. (2005) osoittivat tutkimuksessaan, että ikääntyessä aivojen tuottama theeta-aalto vaimenee. Theeta-aallolla on osoitettu kirjallisuudessa olevan yhteys työmuistiin (Onton et al. 2005; Langer et al. 2013) sekä toiminnanohjaukseen (Sauseng et al. 2007).

Salthousen (2010) mukaan siitä huolimatta, että kognitiivista ikääntymistä on tutkittu paljon, tarvitaan vielä lisätutkimuksia, jotta ymmärrettäisiin paremmin kognitiiviseen ikääntymiseen liittyviä mekanismeja ja muuttujia sekä niiden vaikutus kognitiivisiin toimintoihin. Vanheneva väestö ja kognitiivisten häiriöiden yleisyys ikääntyneessä väestössä (Plassman et al. 2008) on vain lisännyt tarvetta kognitiivisen ikääntymisen mekanismien perusteelliselle tuntemiselle.

### 3.3 Muistihäiriöt ja etenevät muistisairaudet

Muisti voi pettää monella tavalla ja sen pettämiseen on lukuisia eri syitä. Muistihäiriöt sisältävät laadultaan ja vaikeusasteeltaan laajan kirjon erilaisia neuropsykologisia oirekuvia. Osa muistihäiriöistä on väliaikaisia ja korjaantuvia kun taas toiset ovat eteneviä ja pysyviä. Väliaikaisia ja korjautuvia muistihäiriöitä voivat aiheuttaa esimerkiksi uupumus tai päihteiden käyttö ja nopeasti ohimeneviä muistihäiriöitä voi esiintyä esimerkiksi sairauskohtauksien yhteydessä. Pysyvämmät muistihäiriöt liittyvät tavallisesti erilaisiin neurologisiin muutoksiin, joita voi syntyä neurologisten sairauksien, aivovammojen ja aivoverenkierron häiriöiden seurauksena sekä joissain psykiatrissa sairauksissa. Pysyvät ja etenevät muistihäiriöt (muistisairaudet) johtuvat neurodegeneratiivisista sairauksista ja dementoivista prosesseista. Niille on tyypillistä, että ne vaikuttavat alkuvaiheessa painottuneesti yksittäiseen muistijärjestelmään, mutta edetessään aiheuttavat laajoja muutoksia kognitiivisissa kyvyissä. (Kalska 2006)

Maailman terveysjärjestön mukaan väestön ikääntyessä erilaisiin muistisairauksiin sairastuu vuosittain 7,7 miljoonaa ihmistä (WHO 2012). Kognitiivinen heikentyminen on yksi yleisimmistä kroonisista sairauksista ikäihmisillä (WHO 2012) ja sen kustannusten on arvioitu ylittävän maailmanlaajuisesti esimerkiksi diabeteksen kustannukset (DOH 2013). Ikäihmisistä 50 %, joilla todetaan lievä kognitiivinen heikentyminen, sairastuu Alzheimerin tautiin tai muuhun etenevään muistisairauteen seuraavan 2-3 vuoden kuluessa

(Amieva et al. 2004) ja 60-100 % seuraavan 5-10 vuoden kuluessa (Petersen 2004). Ngandu et al. (2015) mukaan tutkimukset ovat osoittaneet matalan koulutustason, ylipainon, diabeteksen, korkean verenpaineen, fyysisen liikkumattomuuden, tupakoinnin ja masennuksen kasvattavan riskiä sairastua etenevään muistisairauteen. Yleisesti on arvioitu, että jopa kolmannes kaikista uusista Alzheimerin taudin tapauksista johtuisi edellä mainituista tekijöistä.

Eteneviltä muistisairauksilta puolestaan suojaavat monipuoliset vapaa-ajan harrastukset, jotka stimuloivat kognitiivisia kykyjä. Esimerkiksi lukeminen, lautapeliin pelaaminen, musiikin soittaminen ja tanssiminen näyttävät Verghese et al. (2003) mukaan olevan suoraan yhteydessä muistin parempaan säilymiseen sekä vähentävän riskiä sairastua etenevään muistisairauteen. Kognitiivisia kykyjä stimuloivien harrastusten suojaava vaikutus on osoitettu myös useissa retrospektiivisissä tutkimuksissa (Wilson et al. 2003; Verghese et al. 2003; Fratiglioni et al. 2004; Briones 2006). Ne näyttävät myös puolittavat riskin sairastua etenevään muistisairauteen (Valenzuela & Sachdev 2006). Korkea koulutustaso näyttäisi suojaavan myös tehokkaasti muistin heikentymiseltä (Ball & Birge 2002; Bound et al. 2015). Korkeamman koulutustason suojaava vaikutus perustuu luultavasti ns. kognitiivisen reservin kasvamiseen, minkä ansiosta aivot selviävät myöhemmin suuremmista vaurioista ja aivoverenkierron häiriöistä ennen kuin ne alkavat vaikuttaa muistisairauden oireina (Papp et al. 2009).

### 3.4 Lievä kognitiivinen heikentyminen

Lievä kognitiivinen heikentyminen (MCI-oireyhtymä) esiteltiin terminä täyttämään määritelmällinen aukko tavallisen kognitiivisen ikääntymisen ja diagnoosin täyttävän muistisairauden välissä (Flicker et al. 1991; Petersen 1995). MCI-oireyhtymällä viitataan tilanteeseen, jossa henkilön kognitiiviset kyvyt ovat alentuneet enemmän kuin ikäluokkaan ja sosiokulttuuriseen taustaan suhteutettuna voisi odottaa, mutta ei vakavuudeltaan täytä vielä varsinaisen muistisairauden diagnoosia (Law et al. 2014). Winblad et al. (2004) korostavat määrittelykriteerinä muistissa ja tiedonkäsittelynopeudessa tapahtuneita muutoksia henkilön aiempaan suoritustasoon verrattuna. He korostavat myös henkilön omaa ja tämän läheisten arviota muutoksista sekä kliinisten muistitestien tarjoamia todisteita kognitiivisesta heikentymisestä pitkällä aikavälillä.

Lievä kognitiivinen heikentyminen jaetaan tavallisesti amnestiseen ja ei-amnestiseen MCI-oireyhtymään. Ei-amnestinen MCI-oireyhtymä vaikuttaa tiedonkäsittelynopeuteen, mutta ei muistiin ja ennustaa vaskulaarisen muistisairauden kehittymistä (Peterson et al. 2001). Amnestinen MCI-oireyhtymä vaikuttaa erityisesti muistiin, mutta myös suunnittelu- ja päättelykykyyn. Amnestinen MCI-oireyhtymä kehittyy usein vuosien kuluessa Alzheimerin taudiksi (Alescio-Lautier et al. 2007). Tässä tutkimuksessa MCI-oireyhtymällä viitataan jatkossa amnestiseen MCI-oireyhtymään.

Iachini et al. (2009) ja Possin (2010) ovat tutkimuksissaan osoittaneet, että MCI-oireyhtymä vaikuttaa usein myös visuaalis-spatiaalisiin kykyihin, joilla on tärkeä rooli tavallisessa arkielämässä selviämässä. MCI-oireyhtymä heikentää yleisesti siitä kärsivien ihmisten elämänlaatua, vaikeuttaa heidän arkielämästä selviämistä (McGuire et al. 2006) sekä kasvattaa julkisen terveydenhuollon kustannuksia (Albert et al. 2002).

### 3.5 Alzheimerin tauti

Alzheimerin tauti on maailman yleisin (80 %) aivoja rappeuttava etenevä muistisairaus. Alle 65-vuotiailla tauti on vielä harvinainen, mutta yli 85-vuotiailla sitä esiintyy jo 15–20 prosentilla. Muistisairaiden määrän arvioidaan kasvavan väestön ikääntyessä merkittävästi, jolloin sairauden aiheuttamat kustannukset kansanterveydelle ja yhteiskunnan sosiaali- ja terveydenhuollon palveluille lisääntyvät huomattavasti (Hiltunen et al. 2013). Alzheimerin tauti alkaa tavallisesti episodisen muistin heikentymisellä ja oppimisen vaikeutumisena. Verghese et al. (2003) mukaan muisti alkaa heiketä tavallisesti jo seitsemän vuotta ennen varsinaisen diagnoosin tekemistä. Taudin edetessä toiminnanohjaus, verbaliset sekä visuaalis-spatiaaliset kyvyt heikkenevät. Taudin loppuvaiheessa myös puhe- ja kävelykyky heikkenevät (Juva 2015).

Alzheimerin taudin yksityiskohtaista syntymekanismia ei edelleenkaan tunneta, mutta sekä geneettiset että ympäristötekijät vaikuttavat taudin puhkeamiseen (Hiltunen et al. 2013). Kirjallisuudessa on tunnistettu perinnöllisiä geenimuutoksia, jotka kasvattavat riskiä sairastua Alzheimerin tautiin, mutta nämä muunnokset eivät kuitenkaan yksinään selitä taudin puhkeamista (Hiltunen et al. 2013). Valitseva amyloidihypoteesi, jonka mukaan Alzheimerin taudin epäillään johtuvan A $\beta$ -peptidin ja tau-proteiinin (plakki) kertymisestä aivokudokseen (Iqbal et al. 2010, Lichtenthaler et al. 2011), ei ole tuottanut kliinisissä tutkimuksissa toivottuja hoitotuloksia (Hampel et al. 2014). Tämä viittaa siihen, että ensisijainen syy taudin synnyssä on edelleen löytämättä. Amyloidiplakin kertymisen lisäksi suurella osalla Alzheimerin taudin potilaista löytyy merkkejä tulehduksesta ja verisuonten vaurioista (Grammas 2011; Murray et al. 2011).

Amyloidihypoteesin rinnalle on noussut uusia hypoteeseja sairauden alkuperästä. Useat tutkijat ovat esittäneet, että Alzheimerin taudilla voisi mahdollisesti olla mikrobiologinen syy. Pisa et al. (2015) osoittivat tuoreessa tutkimuksessa, että Alzheimer potilaiden keskushermostosta löytyi jälkiä useiden eri sienilajien soluista ja -rihmastoista, joita ei löytynyt terveeltä kontrolliryhmältä. Sieni-infektio sopisi heidän mukaansa hyvin Alzheimerin taudissa esiintyviin oireisiin, mutta tarvitaan kuitenkin lisätutkimuksia, jotta voidaan selvittää sieni-infektion osuus mahdollisena taudinaiheuttajana. Abbott (2015; 2016) on löytänyt puolestaan tutkimuksissaan viitteitä siitä, että Alzheimerin tauti saat-taisi olla prionivälitteinen infektio-tauti, joka infektoi aivokudoksen, kuten tapahtuu toisessa tunnetussa prionin aiheuttamassa ja aivoja vaurioittavassa Creutzfeldt–Jakobin taudissa.

Tutkimuksissa ei ole onnistuttu löytämään tehokasta lääkitystä taudin parantamiseksi tai pysäyttämiseksi ja sillä pystytään ainoastaan lievittämään taudin oireita sekä hidastamaan taudin etenemistä (Juva 2015). Toimivan lääkityksen puute on kannustanut etsimään muita taudin puhkeamista estäviä ja siirtäviä interventioita (Alzheimer's Association 2013). Tutkijoiden keskuudessa on laaja konsensus siitä, että nämä interventiot, kuten elämäntapa-, liikunta-, kognitiiviset interventiot ja näiden yhdistelmät, pitäisi aloittaa riittävän ajoissa, ennen merkittävien oireiden ilmenemistä (Kivipelto et al. 2013). Thal et al. (1997) arvioivat, että siirtämällä Alzheimerin taudin puhkeamista viidellä vuodella olisi mahdollisuus puolittaa siihen sairastuvien ihmisten määrä tulevaisuudessa.



## 4. KOGNITIOTA TUKEVAT INTERVENTIOT

Kirjallisuudessa on dokumentoitu erilaisia interventiomuotoja, joilla on pyritty ehkäisemään kognitiivista heikentymistä ja pienentämään riskiä sairastua etenevään muistisairauteen. Interventioissa puututaan tavallisesti aktiivisilla toimilla johonkin tunnettuun kognitiiviseen heikkenemiseen vaikuttavaan tekijään tai näiden yhdistelmään. Interventioiden tekemistä ovat motivoineet aiemmin tehdyt epidemiologiset tutkimukset, jotka ovat osoittaneet, että elämäntavoilla voidaan vaikuttaa muistisairauden puhkeamiseen ja hidastaa sen etenemistä (Papp et al. 2009).

### 4.1 Fyysisen harjoittelun interventiot

Fyysisen harjoittelun ja liikunnan hyödyt kognitiolle on osoitettu laajasti kirjallisuudessa (Cotman & Berchtold 2007; Cotman, Berchtold & Christie 2007; Kramer & Erickson 2007; Erickson et al. 2007; van Praag 2009). Fyysinen harjoittelu on Casperson et al. (1985) määritelmän mukaan suunniteltua, strukturoitua ja toistuvaa fyysisistä toimintaa, jonka tavoitteena on parantaa fyysistä kuntoa, suorituskkyä ja terveyttä. Fyysisellä harjoittelulla on osoitettu olevan ihmisillä korrelaatio aivokuoren volyymien kasvun välillä (Colcombe et al. 2006) ja eläinkokeissa sen on osoitettu lisäävän solujen lisääntymistä sekä hermosolujen syntymistä ja kasvamista hippokampuksessa, jolla on keskeinen rooli oppimisessa ja muistamisessa (Kronenberg et al. 2006). Erickson et al. (2011) ovat osoittaneet tutkimuksessaan aerobisen harjoittelun kasvattavat hippokampuksen volyymia ikäihmisillä.

Fyysinen harjoittelu säätelee useita kasvutekijöitä, joilla on tärkeä rooli hermosolujen suojelemisessa, synapsien plastisuudessa (Adlard et al. 2005, 2005b), hermosolujen kasvussa ja kognitiivisessa suorituskvyssä (Liores-Martin et al. 2010) sekä verisuoniston muodostumisessa (Zhang et al. 2013). Lisäksi fyysisellä harjoittelulla on osoitettu olevan tulehdusta ja oksidatiivista stressiä vähentävä vaikutus (Pervaiz and Hoffman-Goetz 2011; Santin et al. 2011). Tutkimukset ovat osoittaneet fyysisen harjoittelun lisäävän myös aivojen verenkiertoa, hermosolujen määrää aivoissa sekä parantavan oppimista (van Praag et al. 2005). Lisäksi liikunta laskee korkeaa verenpainetta, joka lisää riskiä kognitiiviseen heikkenemiseen (Cotman & Berchtold 2007; Cotman et al. 2007; Pereira et al. 2007).

Fabel ja Kempermann (2008) ja Fabel et al. (2009) ovat osoittaneet tutkimuksissaan, että vaikka näyttö fyysinen harjoittelun eduista aivojen terveydelle ja toimintakyvylle on kiistaton, tulisi sen tapahtua kognitiivisesti stimuloivassa kontekstissa, jotta sen vaikutus tulee esiin ja tuottaa pelkkää fyysistä harjoittelua enemmän hermosoluja. Katten-

stroth et al. (2013) osoittivat 6 kuukauden tanssi-intervention avulla, että jo varsin kevyt, sosiaalisessa ympäristössä tapahtuva, kognitiivisesti, sensorisesti ja motorisesti stimuloiva liikunta voi parantaa kognitiota. Ruscheweyh et al. (2011) löysivät korrelaation lisääntyneen fyysisen aktiivisuuden ja episodisen muistin välillä ikäihmisillä sekä matalan että kohtalaisen intensiteetin harjoittelulla. Liikunta korreloi tutkimuksessa positiivisesti myös etuotsalohkon ja pihtipoimun kuorikerrosten harmaan aineen massan sekä aivoperäisen hermokasvutekijän (BDNF) tasojen kanssa. Law et al. (2014) tulivat laajan kirjallisuuskatsauksen perusteella johtopäätökseen, että fyysisen ja kognitiivisen harjoittelun yhdistelmäinterventio voi olla tehokasta parantamaan ikäihmisten kognitiivisia kykyjä.

## 4.2 Kognitiivisen harjoittelun interventiot

Kirjallisuudessa on esitetty vahvoja viitteitä siitä, että monipuoliset ja kognitiivisia kykyjä stimuloiva harrastukset pienentäisivät ikäihmisten riskiä sairastua muistisairauteen. Lindenberger et al. (2006) ovat osoittaneet, että aivojen plastisuus eli niiden kyky muokkautua ympäristön vaatimusten ja mahdollisuuksien mukaan säilyy koko eliniän ajan. Edellä mainitut tutkimukset ovat kannustaneet tutkijoita kehittämään kognitiivisia harjoitusohjelmia, joilla on pyritty kehittämään ja ylläpitämään kognitiivisia kykyjä sekä suojautumaan kognitiivista heikentymistä ja muistisaurautta vastaan. Tutkimuksia on motivoinut myös onnistuneet kognitiiviset interventiot Alzheimer-potilaiden kuntoutuksessa ja taudin rasittamien taitojen tukemisessa (Papp et al. 2009).

Clare et al. (2003) ja Martin et al. (2011) ovat määritelleet kognitiivisen harjoittelun standardoiduilla tehtävillä suoritettavaksi strukturoiduksi ja toistuvaksi harjoitteluksi, jolla pyritään vaikuttamaan valittuun kognitiiviseen kykyyn tai opettamaan strategioita ja taitoja kognitiiviseen oppimiseen ja toimintaan. Belleville (2007) puolestaan määritteli omassa teoksessaan kognitiivisen harjoittelun kognitiivisten kykyjen optimoinniksi teoriaan perustuvia strategioita ja taitoja opettamalla.

Merkittävä osa kognitiivisista interventioista on keskittynyt työmuistin stimulointiin sen kognitiivisille kyvyille keskeisen aseman takia (Cowan et al. 2005; Oberauer et al. 2005). Shipstead et al. (2012) mukaan työmuistiharjoittelulla pyritään vaikuttamaan laajan alaan kognitiivisia kykyjä kasvattamalla työmuistikapasiteettia ja lisäämällä aivojen plastisuutta (Klingberg 2010; Lövdén et al. 2010). Tutkimukset ovat antaneet viitteitä siitä, että työmuistiharjoittelulla pystytään vaikuttamaan siitä riippuvaisiin kognitiivisiin kykyihin kuten tarkkaavaisuuteen (Klingberg et al. 2005; Chein & Morrison 2010) ja joustavaan älykkyyteen (Jaeggi et al. 2008, 2010). Markkinoille on tullut myös kaupallisia tuotteita, jotka lupaavat työmuistiharjoittelun avulla mm. parempia koulutuloksia (Jungle Memory, 2015), tarkkaavaisuuden ja impulssihallinnan parantumista (Cogmed 2015) ja kasvattaa älykkyydosamäärää (Mindspark 2015). Jaeggi et al. (2008) mukaan tieteellinen näyttö näiden kaupallisten tuotteiden tehosta kuitenkin puuttuu ja tilastollisesti merkittäviä muutoksia on havaittu vain tehtäväkohtaisessa suorituskyvyyssä

(Smith et al. 1999) sekä selektiivisessä visuaalis-spatiaalisessa tarkkavaisuudessa (Green & Bavelier 2003).

Klingberg (2010) on esittänyt onnistuneelle interventiolle välttämättömiä tekijöitä. Hänen mukaansa kognitiivisen harjoittelun tulisi olla tarkasti kohdistettu valittuun työmuistitehtävään. Harjoitusohjelman tulisi olla täsmällisesti laadittu ja sisältää noin 20 harjoituskertaa. Yksittäisen harjoituksen tulisi olla kestoaltaan noin 30-60 minuuttia ja harjoituksen vaikeustason tulisi adaptoitua sen aikana niin, että harjoittelu tapahtuu aina yksilön optimaalisella vaikeustasolla (Csikszentmihalyi 1990; Lövdén et al. 2010). Muiden harjoitusten lisääminen harjoitusohjelmaan on Klingbergin (2010) mukaan vain aikaa kuluttavaa ja heikentää interventiota. Harjoitusohjelman ei saisi myöskään opettaa strategioita tehtävien suorittamiseen, sillä ne saattavat parantaa tulosta (McNamara & Scott 2001) ilman, että harjoituksen kohteena olevat kyvyt todellisuudessa parantuisivat.

Clare et al. (2003) mukaan kognitiiviset interventiot voidaan jakaa kolmeen toisistaan keinoiltaan ja tavoitteiltaan eroavaan kategoriaan. Kognitiivisella stimulaatiolla tarkoitetaan yleistä, muun toiminnan yhteydessä tapahtuvaa, kognitiivisten kykyjen parantumista. Kognitiivisella kuntoutuksella tarkoitetaan tarkasti kohdennettuja interventioita, joilla ei pyritä vahvistamaan kognitiivisia kykyjä vaan opettamaan potilaille täydentäviä, arkielämää helpottavia, strategioita. Kognitiivisen kuntoutuksen edut on osoitettu kirjallisuudessa (Sitzer et al. 2006).

Kognitiivisella harjoittelulla pyritään aktiivisesti parantamaan valittuja kognitiivisia kykyjä (Clare et al. 2003), kuten esimerkiksi kasvattamaan terveiden ikäihmisten kognitiivista reserviä, joka on aiemmin liitetty pienentyneeseen riskiin sairastua muistisairauteen (Wilson et al. 2003). Kognitiivisen harjoittelun merkitys ja tavoitteet vaihtelevat harjoittelun kohderyhmän mukaan. Alzheimerin taudin ehkäisyyn pyrkivässä harjoittelussa on tunnistettavissa kolme vaihetta. Ensimmäisessä vaiheessa pyritään estämään muistin heikentymistä terveillä ikäihmisillä. Toisessa vaiheessa pyritään hidastamaan taudin etenemistä lievästä kognitiivisesta heikentymisestä muistisairaudeksi. Viimeisessä vaiheessa pyritään vähentämään muistisairauden oireiden aiheuttamaa invaliditeettia. (Thal 2006)

Ikäihmisten kognitiivisella harjoittelulla tähdätään neuroplastisten polkujen stimulointiin aivoissa, jonka tehosta saatu viitteitä sekä terveillä että kohonneesta muistisairaudesta riskistä kärsivillä. Kognitiivinen harjoittelu näyttäisi olevan tehokkainta, kun yhden kognitiivisen kyvyn sijaan harjoitetaan useampaa kognitiivista kykyä. Tietokoneella suoritettavat harjoitusohjelmat ovat osoittautuneet perinteisiä menetelmiä tehokkaammiksi, sillä ne mahdollistavat paitsi monipuolisen kognitiivisen harjoittelun myös harjoituksen vaikeustason optimaalisen sovittamisen harjoituksen aikana. Tietokoneella suoritettavat harjoitukset mahdollistavat myös tehokkaan harjoitustulosten tallennuksen ja seurannan. (Gates & Valenzuela 2010)

Kognitiiviset interventiot terveillä ikäihmisillä eivät ole antaneet yhtenäisiä tuloksia ja johtopäätösten vetäminen kognitiivisen harjoittelun pitkäaikaisista ja yleistettävistä tuloksissa ei ole vielä mahdollista. Papp et al. (2009) tekemässä kirjallisuuskatsauksessa terveillä ikäihmisillä tehdyistä tutkimuksista kognitiivisten interventioiden Cohen's  $d$  -arvo oli 0,16 (95 % luottamusväli, 0,138 - 0,168) ja se oli suurin, kun mittaukset liittyivät suoraan harjoituksen kohteeseen. He eivät löytäneet näyttöä sille, että interventiot olisivat siirtäneet Alzheimerin taudin puhkeamista tai hidastaneet sen etenemistä. Ainoastaan muutamit tutkimukset osoittivat positiivisia muutoksia arkielämän toimintakyvyssä, yleisessä kognitiossa tai alkuvaiheen Alzheimerin taudin etenemisessä.

Reijnders et al. (2012) osoittivat kirjallisuuskatsauksessa, joka käsitti interventioita terveillä ja MCI-oireyhtymästä kärsivillä ikäihmisillä, että kognitiivinen harjoittelu voi olla tehokasta ja parantaa useita kognitiivisia kykyjä, kuten muistin toimintaa, toiminnanohjausta, tiedonkäsittelyn nopeutta, tarkkaavaisuutta, joustavaa älykkyyttä sekä ikäihmisen itsensä kokemaa kognitiivista toimintakykyä. Kirjallisuuskatsauksessa ei kuitenkaan voitu osoittaa, että positiiviset muutokset olisivat olleet suoraan yleistettävissä parantuneeseen arkielämän toimintakykyyn.

Kelly et al. (2014) arvioivat kirjallisuuskatsauksessa kognitiivisten interventioiden vaikutuksia terveille ikäihmisille. Heidän analyysinsä osoitti, että verrattuna aktiivisiin kontrolliryhmiin kognitiivinen harjoittelu parantaisi toiminnanohjausta (työmuisti,  $p = 0,04$ ; käsittelyn nopeus,  $p < 0,0001$ ) ja kognitiivista toimintakykyä kokonaisuudessaan ( $p = 0,001$ ). Harjoittelu vahvisti myös muistitoimintoja kuten kasvojen muistamista ( $p = 0,02$ ), lyhyt kestoista muistia ( $p = 0,02$ ) ja henkilön itsensä kokemaa kognitiivista toimintakykyä ( $p = 0,01$ ). Interventioiden siirto- ja ylläpitovaikutukset olivat yleisempiä, kun harjoittelu oli adaptiivista sisältäen vähintään 10 harjoituskertaa sekä pitkäaikaisen seurannan. He havaitsivat myös, että ryhmässä harjoittelu saattaa olla yksin harjoittelua tehokkaampaa. Kirjallisuuskatsauksen ongelmana oli tutkimusjoukon heterogeenisuus, joiden yhdistämiseen käytettiin inverse variance random-effects -metodia (DerSimonian & Laird 1986). Tilastollisen heterogeenisyyden arviointiin käytettiin I<sup>2</sup>-testiä, joka kuvaa prosentuaalisen vaihtelun efektikokoarvioiden välillä ilman satunnaisvaihtelua.

Kognitiivisia interventioita on tehty varsin vähän MCI-oireyhtymästä ja muistisairaudesta kärsivillä eikä niistä voida vetää vielä lopullisia johtopäätöksiä. Clare et al. (2003) eivät onnistuneet kirjallisuuskatsauksessa löytämään tilastollisesti merkittäviä tuloksia muistisairaille. Barnes et al. (2009) ja Jean et al. (2010), jotka käyttivät tutkimuksissa aktiivista kontrolliryhmää, epäonnistuivat samoin osoittamaan tilastollisesti merkittäviä tuloksia. Interventiot näyttäisivät kuitenkin parantavan hoitotuloksia lääkehoitoon yhdistettynä (Rozzini et al. 2007; Yesavage et al. 2008) sekä vähentävän masennusoireita (Rozzini et al. 2007). Lisäksi jotkin tutkimukset ovat osoittaneet positiivisia muutoksia yleisen kognition (Tárraga et al. 2006; Galante et al. 2007) ja toimintakyvyn mittauksissa (Farina et al. 2002). MCI-oireyhtymästä kärsivillä suoritettavat interventiot vaikuttaisivat auttavan ylläpitämään ja hidastamaan kognitiivisten kykyjen heikkenemistä (Cipriani

ni et al. 2006; Rozzini et al. 2007; Talassi et al. 2007). Gates ja Valenzuela (2010) arvioivat kirjallisuuskatsauksensa perusteella, että muistisairauden vahingoittamat aivot ovat vähemmän herkkiä interventioiden positiivisille muutoksille ja interventioiden pitää olla monipuolisia tulosten aikaansaamiseksi (Rapp et al. 2002).

Kognitiivisen intervention ja siinä tapahtuvan aivojen stimuloinnin vaikutuksia on tutkittu myös neurologian näkökulmasta. Neurologisesti aivojen ikääntyminen näkyy hermokudoksen, synapsien ja välittäjäaineiden vähentymisenä, jota Ball ja Birge (2002) ovat kuvanneet vaurioitumisen ja korjautumisen epätasapainoksi. Papp et al. (2009) mukaan kognitiivinen harjoittelu voi vahvistaa hermosolujen yhdistäviä synapseja, jotka muuten häviäisivät stimulaation puutteessa. Näkemys perustuu ”käytä tai menetä” hypoteesiin, joka on osoitettu ainakin rajoitetusti ihmisillä (Ackerman et al. 2010). Setters-tenin (1999) kirjassaan kuvaaman mallin mukaan kognitiivinen stimulointi voi yhdessä aivojen välittäjäaineiden kanssa tukea hermosolujen korjautumista sekä lisätä hermosolujen määrää ja aivojen plastisuutta. Lustig et al. (2009) mukaan kognitiivisella harjoittelulla voi olla positiivisia vaikutuksia myös aivojen rakenteeseen kuten aivojen volyymin kasvuun, kuorikerroksen paksuuteen ja tiheyteen sekä valkoisen aineen rakenteen yhtenäisyyteen. Eläinkokeissa on osoitettu, että ympäristön rikastaminen lieventää Alzheimerin taudin oireita hiirillä ja muuttaa tautiin liittyvien geenien toimintaa (Lazarov et al. 2005).

### 4.3 Laaja-alaiset interventiot

Fyysisiin ja kognitiivisiin harjoituksiin perustuvien interventioiden lisäksi on kirjallisuudessa suoritettu laaja-alaisia interventioita, joissa interventioihin on sisällytetty fyysisiä, kognitiivisia ja terveydellisiä elementtejä. Suomalaisessa FINGER-tutkimuksessa tutkittiin laaja-alaisen intervention vaikutusta kognitiiviseen heikentymiseen sekä riskiin sairastua muistisairauteen. Tutkimukseen osallistuneilla (keski-ikä 69,3 vuotta) oli sydän- ja verisuonisairauksia sekä epäterveellisiä elämäntapoja, joihin tutkimuksessa pyrittiin vaikuttamaan. Kahden vuoden interventiossa käytettiin ravinto- ja liikuntaohjausta, kognitiivisia harjoituksia, lisättiin sosiaalista toimintaa sekä puututtiin aineenvaihdunnan sekä sydän- ja verisuonitautien riskitekijöihin. Kognitiivisella harjoitusohjelmalla stimuloitiin episodista muista, toiminnanohjausta, tiedonkäsittelynopeutta sekä työmuistia, jotka ovat tärkeitä arkielämässä selviämiseksi mutta samalla herkkiä kognitiiviselle ikääntymiselle. (Kivipelto et al. 2013)

Interventioryhmän kokonaistulos tutkimuksessa käytetyissä neurologisissa testeissä oli 25 % ( $p = 0,04$ ) kontrolliryhmää parempi. Testien osa-alueista toiminnanohjaus 83 % ( $p = 0,039$ ) ja tiedon-käsittelynopeus 150 % ( $p = 0,029$ ) olivat interventioryhmällä selvästi kontrolliryhmän tuloksia parempia. Kahden vuoden intervention jälkeen kognitiivisen heikentymisen riski oli kontrolli-ryhmällä 31 % (odds ratio 1,31, 95% CI 1,01–1,71) interventioryhmää suurempi. Siitä huolimatta, että tutkimustuloksen vaikutuskoko (Co-

hen's d 0,13) jäi varsin pieneksi, voi sillä olla populaatiotasolla merkittävä vaikutus kansanterveydelle. (Ngandu et al. 2015)

Parhaaseen interventiotulokseen päästään kirjallisuuden perusteella luultavasti kokonaisvaltaisella interventiolla, jossa kognition stimulointi yhdistyy sosiaalisten ja fyysisten harrastusten (Verghese et al. 2003; Valenzuela 2008) sekä verenkiertosairauksien huolellisen hoidon (Duron & Hanon 2008) kanssa kokonaisvaltaiseksi kognitiivisesta terveydestä huolehtimiseksi.

## 5. IKÄIHMISET JA DIGITAALINEN PELAAMINEN

T Digitaalinen pelaaminen on muuttumassa koko kansan harrastukseksi. Digitaalisen pelaamisen sukupuoli- ja sukupolvirajat ovat kutistuneet ja pelaajien keski-ikä on noussut (Hartmann & Klimmt 2006; Greenberg et al. 2010). Yhdysvaltalainen pelintekijöiden etujärjestön (ESA) raporteista käy ilmi, että yli 50-vuotiaiden pelaajien osuus on noussut vuosina 2007–2015 24 prosentista 27 prosenttiin ja samassa ajassa naisten osuus pelaajista on kasvanut 38 %:sta 45 %:iin (ESA 2007; 2015). 30-50-vuotiaat naiset pelaavat jo muita ryhmiä enemmän sosiaalisia pelejä suosituissa verkkopalveluissa (Hamari & Järvinen 2011; Paavilainen et al. 2013). Lukujen voi olettaa kasvavan yhä suuremmaksi erilaisten digitaalisten päätelaitteiden käyttäjämäärän kasvaessa (SVT 2014).

### 5.1 Ikäihmiset pelaajina

Teknologian tutkimuskeskuksen suorittamassa tutkimuksessa joka toinen eläkeläinen ilmoitti pelaavansa tietokonepelejä ja joka viides pelaavansa niitä päivittäin, samalla kuitenkin vain muutama prosentti ilmoitti pelaavansa pelejä yli tunnin kerrallaan (Kangas & Lampila 2006). Kaiken kaikkiaan ikäihmiset pelaavat kuitenkin digitaalisia pelejä vielä selvästi nuorempia ikäryhmiä vähemmän, vaikka tutkimusten mukaan ikäihmiset ovat kiinnostuneita pelaamisesta ja haluavat pysyä tekniikan kehityksen mukana (Ijsselsteijn et al. 2007). Melenhorst (2002) osoitti, että ikäihmiset ovat valmiita investoimaan uuteen teknologian oppimiseen, jos he kokevat siitä olevan heille riittävästi hyötyä. Ikäihmisten aliedustus digitaalisten pelien pelaajina johtunee pikemminkin ikäihmisiä kiinnostavien ja heille sopivien pelien harvalukuisuudesta (Fua et al. 2013). Ikäihmisten on kirjallisuudessa raportoitu pitävän erityisesti ajatteluun kannustavista ongelmanratkaisu-, tietovisa- ja korttipeleistä (Hollander & Plummer 1986; Gamberini et al. 2006; De Schutter & Vanden Abeele 2008) sekä peleistä, joissa on yksinkertainen logiikka ja selkeä päämäärä (Koivisto et al. 2014). Lisäksi naisilla pelaamisen aloittamiseen vaikuttaa miehiä enemmän sosiaaliset tekijät (Venkatesh et al. 2000; Venkatesh & Morris 2000).

Ikäihmiset ovat pelaajina heterogeeninen ryhmä, joiden kiinnostuksen kohteet, kyvyt ja kokemukset vaihtelevat. Ijsselsteijn et al. (2007) tutkimuksen mukaan pelit voivat tarjota ikäihmisille vaihtoehdon televisiolla vapaa-ajan vieton ja viihtymisen välineenä. Ikäihmiset arvostavat pelaamisen tarjoamaa mahdollisuutta sosiaaliseen kanssakäymiseen oman sosiaalisen verkoston, sekä siihen tavallisesti kuulumattomien ihmisen kanssa yli sukupolvirajojen. Sosiaaliset tekijät ovat tärkeitä myös digitaalisessa pelaamis-

misessa. Nielsen Interactive Entertainment (2005) tekemässä kyselyssä 60 % vastaajista mainitsi sosiaalisen kanssakäymisen tärkeimmäksi syyksi pelaamiselle ja sen merkitys vain kasvaa ikääntyessä. Sosiaaliset tekijät olivat tutkimuksessa lisäksi naisille miehiä tärkeämpi vaikutin pelaamisessa. MMO-pelejä tutkittaessa on havaittu naisten ja vanhempien pelaajien käyttävän niissä muita pelaajaryhmiä enemmän aikaa (Williams et al. 2008, 2009).

Pelin aiheen kiinnostavuuden sekä sosiaalisten tekijöiden lisäksi erityisesti ikäihmisillä päätökseen pelaamisesta vaikuttaa pelin käyttöliittymän helppokäyttöisyys (McLaughlin et al. 2012). Nielsen (2013) osoitti käytettävyytutkimuksessaan, että ikäihmiset kärsivät muista enemmän huonosta suunnittelusta ja käytettävyyden parantaminen kasvattaa merkittävästi käyttäjätyytyväisyyttä. Whitcomb et al. (1990) mukaan valtaosa ikäihmisistä oli kiinnostuneita digitaalisesta pelaamisesta, kun heille tarjottiin siihen mahdollisuus. Useimmat pelit eivät kuitenkaan olleet heistä viihdyttäviä tai niiden käyttöliittymä ei sopinut ikääntyneille (Whitcomb et al. 1990).

Ikääntyneille tarkoitetuissa peleissä on pelisuunnittelussa otettava huomioon ikääntymisestä johtuvat kognitiivisten, motoristen ja sensoristen muutosten vaikutus pelattavuuteen ja käytettävyyteen (Fua et al. 2013). Lievät fyysiset tai psyykkiset vammatkaan eivät estä pelaamista ja siitä nauttimista, kun kohderyhmän vaatimukset on otettu pelisuunnittelussa huomioon (Weisman 1983). Useimmat pelisuunnittelijat hallitsevat kuitenkin edelleen huonosti käytettävyyden perusteet, jotka voisivat auttaa monia käyttäjäryhmiä kuten ikäihmisiä (Ijsselsteijn et al. 2007). Uuden oppiminen hidastuu ikääntyessä, jolloin helppokäyttöisyyden ja opittavuuden merkitys suhteessa saavutettuun hyötyyn vain korostuu (Melenhorst et al. 2002). Tunnistamalla ikäihmisten käytettävyyden haasteet olisi mahdollista madaltaa koettua oppimiskynnystä ja lisätä näin ikäihmisten pelaamista.

Nykyiseltä ikäihmisten sukupolvelta, joka ei omaksunut tietokoneiden käyttöä aikuistuuksaan, puuttuu tavallisesti mentaalinen malli siitä, miten tietokoneet toimivat (Ijsselsteijn et al. 2007). Rama (2001) osoitti väitöstutkimuksessaan, että on olemassa lisäksi ikääntymisestä riippumaton sukupolvitekijä, joka määrittää sen mukaan, mikä käyttöliittymä on ollut vallitsevana ikäpolven aikuistuuksaan. Hänen tutkimuksensa mukaan ennen 1960-lukua syntyneet tekevät merkittävästi enemmän virheitä moderneilla käyttöliittymillä kuin 1960-luvun taitteen jälkeen syntynyt "ohjelmistosukupolvi". Hän osoitti tutkimuksessaan myös, että ikääntyneet käyttäjät käyttivät erilaista lähestymistapaa käyttöliittymän käsittelyssä käyttäen enemmän reflektiivistä kuin nuorempien suosimaa yrityksen ja erehdyksen tapaa.

Ikäihmiset luottavat myös vähemmän kykyynsä suoriutua tietokoneiden kanssa (Marquié et al. 2002), mikä on merkittävä ennustaja tietokoneen käyttämisen pelolle (Czaja et al. 2006). Dweck (1986) mukaan tukeakseen ikäihmistä voittamaan pelkonsa olisi suositeltavaa tarjota riittävästi aikaa oppia pelissä tarvittavat perustaidot sekä tarjota



kannustavaa välitöntä palautetta. Ijsselsteijn et al. (2007) mukaan palaute tulisi kohdistaa pelin tavoitteiden oppimiseen. Keskittyminen pelaajan oppimiseen ja kehittymiseen, pelaajan suorituksen arvioinnin sijaan, lisää ikäihmisten itseluottamusta, motivaatiota ja sinnikkyyttä tehtävässä, joka koetaan alussa haastavaksi.

## 5.2 Digitaaliset hyötypelit

Pelejä voidaan pelata paitsi ajanvietteeksi, myös mielen virkistämiseksi sekä terävöittämiseksi. Väestön vanheneminen maailmanlaajuisesti on kasvattanut kiinnostusta tuottaa hyötypeljä, joilla voidaan mahdollisesti parantaa ikäihmisten hyvinvointia. Kasvava joukko tutkimuksia tukee käsitystä, että digitaalisella pelaamisella voi olla merkittäviä positiivisia vaikutuksia ikäihmisten henkiseen ja fyysiseen terveyteen ja hyvinvointiin. Pelaamisen on raportoitu mm. parantavan ikäihmisten itsetuntoa (Jung et al. 2009), tunnetta onnistumisesta ja aikaansaamisesta (Hollander & Plummer 1986), kokemusta hyvinvoinnista (Goldstein et al. 1997) sekä parantavan silmä-käsi -koordinaatiota, ketteryyttä ja reaktioaikoja (Whitcomb 1990; Goldstein et al. 1997). Pelaamisella on raportoitu olevan potentiaalisesti myös hyötyjä ikäihmisten kognitiivisiin kykyihin kuten kognitiiviseen kontrolliin (Anguera et al. 2013) sekä muistiin ja tarkkaavaisuuteen jopa yli 80-vuotiailla pelaajilla (Miller 2005). Näillä muutoksilla voi olla merkittävä positiivinen vaikutus ikäihmisen arkielämässä selviämiseen.

Pelejä, joilla pyritään saavuttamaan edellä mainittuja positiivisia muutoksia pelaajissa, kutsutaan yleisesti hyötypeleiksi. Kaupallisesti on tullut tarjolle joukko pelejä ja pelipalveluita, jotka keskittyvät kognitiivisten kykyjen kehittämiseen ja ylläpitoon (Maruff et al. 2004; Hardy et al. 2009). Esimerkiksi Lumosity tarjoaa kaupallisesti pelillistettyjä kognitiivisia harjoitusohjelmia, joiden se väittää parantavan kognitiivisia kykyjä kuten tarkkaavaisuutta, muistia, tiedonkäsittelyn nopeutta, luovuutta sekä lisäävän tarkkaavaisuutta, mielenjoustavuutta ja ongelmanratkaisutaitoja (Hardy et al. 2009). Toisaalta monet tutkimukset ovat kyseenalaistaneet Lumosityn kaltaisten pelien siirtovaikutuksen yleiseen kognitioon tai oppimiseen ja kuvanneet pelaamisen vaikutuksen rajoittuvan harjoitusvaikutukseen (Ackerman et al. 2010; Redick et al. 2013; Zickefoose et al. 2013). Toiset pelipalvelut, kuten CogState, soveltuvat pelaamisen lisäksi kognitiivisten kykyjen arviointi- ja seurantaroituksiin (Maruff et al. 2004). Tämän kaltaisilla palveluilla voisi olla tulevaisuudessa merkittävä rooli terveydenhuollon osana tarjoamalla asiakkaan omadataa suoraan terveydenhuollon ammattilaisten käyttöön.

## 5.3 Pelillistäminen

Deterding et al. (2011) ovat määritelleet pelillistämisen pelisuunnitteluelementtien käyttämiseksi ei-pelillisessä kontekstissa, jolla pyritään muuttamaan ihmisten käyttäytymistä. Koiviston ja Hamarin (2014) mukaan pelillistäminen on pelillisten kokemusten luomista käyttäjälle. Pelillistämisen tavoitteena on tukea ja motivoida käyttäjän suoritusta

ja tehdä siitä houkuttelevampi ja miellyttävämpi kokemus (Deterding et al. 2011; Huotari & Hamari 2012). Pelilliset kokemukset kuten flow-tila, menestymisen tunne ja sisäsyntyinen motivaatio ovat keinoja vaikuttaa käyttäjän motivaatioon ja käyttäytymiseen (Deterding et al. 2011; Huotari & Hamari 2012; Hamari 2013).

Markkinoilla olevat kaupalliset harjoitussovellukset käyttävät nykyisen tyypillisesti paljon pelillistämistä palveluissaan. Harjoitussovellukset pyrkivät lisäämään käyttäjien harjoittelumääriä motivoimalla ja tukemalla käyttäjiä tarjoten palautetta ja saavutettavissa olevia tavoitteita, osoittamalla edistymisen suhteessa tavoitteisiin, rohkaisemalla sekä tekemällä harjoittelusta miellyttävämpää (Deterding et al. 2011). Pelillistäminen osana käytetään tyypillisesti erilaisia arvomerkkejä, tasoja ja pisteitä, joita myönnetään harjoittelun edistyessä. Tunnetut kuntoilusovellukset kuten Nike+ ja Zombies, Run! pyrkivät pelillistämisen avulla motivoimaan käyttäjiään tarjoamalla harjoitteluun optimaalisen taseisia haasteita sekä palautetta harjoittelusta (Hamari & Koivisto 2014). Kiinnostus pelillistämistä kohtaan on kasvanut yleisesti ja sitä käytetään nykyisin niin tuottavuus-, talous-, terveys-, koulutus- kuin uutis- ja viihdeteollisuuden palveluissa (Deterding et al. 2011).

Monet palvelut liittävät pelillistämisen osaksi myös sosiaalisia elementtejä, jolloin palveluun syntyvä käyttäjäyhteisö toimii muun pelillistämisen tukena tarjoamalla käyttäjälle sosiaalisen verkoston ja sitä kautta esimerkiksi sosiaalisia huomionosoituksia saavutetuista tavoitteista (Koivisto & Hamari 2014). Ikäihmisillä sosiaalisten tekijöiden merkitys on tutkitusti tavallista korostuneempi uuden teknologian käyttöönotossa ja pelaamisessa (Morris & Venkatesh 2000; Venkatesh et al. 2003). Koiviston ja Hamarin (2004) mukaan ikäihmiset arvostavat käyttäjäyhteisöä enemmän, sillä on heille suurempi tarve kuulua ryhmään ja kokea sitä kautta osallisuutta (Morris & Venkatesh 2000; Venkatesh et al. 2003; Sun & Zhang 2006). Naisille on osoitettu lisäksi olevan miehiä tärkeämpää sosiaaliset tekijät ja he kokevat saavansa käyttäjäyhteisön vuorovaikutuksesta enemmän hyötyä ja motivoituvan enemmän palvelun sosiaalisista tekijöistä (Koivisto & Hamari 2014). Ikääntymisellä ei yleisesti ottaen näyttäisi olevan merkittävää vaikutusta pelillistämisen hyötyihin (Koivisto & Hamari 2014), mutta palvelut, jotka houkuttelevat palvelun käyttämiseen välitöntä palautetta tarjoamalla ja käyttäjien minäpystyvyyden tunnetta kasvattamalla voivat lisätä ikäihmisten motivaatiota uuden teknologian käyttöönottoon (Czaja et al. 2006; Ijsselstein et al. 2007).

Koivisto ja Hamari (2010) erottavat pelit ja pelillistämisen siten, että pelillistämistä käytetään tavallisesti edistämään pelin ulkopuolisia tavoitteita, kuten tukemaan terveitä elämäntapoja. Pelaamisen he katsovat olevan puhtaasti itsetarkoituksellista ja itsessään motivoivaa. Hyötypieleillä on oikein toteutettuina mahdollisuus täyttää Koiviston ja Hamarin (2010) määritelmän molemmat tavoitteet tarjoamalla viihdyttävä itsetarkoituksellinen pelikokemus, edistämällä kuitenkin samalla esimerkiksi kognitiivista hyvinvointia.

## 5.4 Flow-tila

Pelillistämisellä pyritään usein luomaan käyttäjälle optimaalinen kokemus flow-tilan avulla. Flow-tilalla kuvataan optimaalista kokemusta, jossa yksilö on täysin keskittyneenä ja sitoutuneena tekemäänsä tehtävään (Csíkszentmihályi 1990, 2000). Csíkszentmihályi (1990) määritteli flow-tilan kokemukseksi, joka ilmenee silloin kun tehtävän vaatimukset ja yksilön kyvyt ovat tasapainossa. Tehtävän vaikeustason ollessa optimaalisella tasolla, yksilö pystyy suoriutumaan taitojensa ylärajalla (Csíkszentmihályi 2000; Nakamura & Csíkszentmihályi 2002). Flow-tilan katsotaan olevan erityisen tärkeä vaikeissa tehtävissä, joissa yksilön taidot ja keskittyminen ovat tärkeitä kuten urheilussa (Csíkszentmihályi 2000; Jackson & Eklund 2002), pelaamisessa (Hsu & Lu 2004) ja oppimisessa (Fu et al. 2009; Admiraal et al. 2011).

Flow-tilan saavuttamisen edellytyksenä on, että tehtävän tavoitteet ovat selkeät ja tavoitettavissa, tehtävän suorittaminen on itsessään palkitsevaa ja sen suorittamisesta saa välitöntä palautetta (Csíkszentmihályi 1990). Tehtävän vaikeustason pitää olla lisäksi tasapainossa yksilön taitotason kanssa ja yksilöllä pitää säilyä suorituksen aikana kontrollin tunne (Csíkszentmihályi 1990, 2000). Saavuttaessaan flow-tilan yksilön ajantaju katoaa, suoritus ja tietoisuus sulautuvat, ajantaju ja minätietoisuus katoavat, keskittyminen on täydellistä, itsearviointi vähenee ja suorittaminen muuttuu automaattiseksi (Csíkszentmihályi 1990; Jackson & Eklund 2002; Nakamura & Csíkszentmihályi 2002; Fu et al. 2009). Flow-tilan mittaamiseen on kehitetty erilaisia mittareita kuten Dispositional Flow Scale-2 (DFS-2) (Jackson & Eklund 2002) ja Flow Short Scale (Engeser & Rheinberg 2008). Flow-mittareita on käytetty sekä oppimisen (Engeser & Rheinberg 2008), harjoittelun (Jackson & Eklund 2002) että digitaalisen pelaamisen (Engeser & Rheinberg 2008; Wang et al. 2009; Procci et al. 2012) tutkimuksissa.

Hyötypelien kontekstissa flow-tilan saavuttaminen voi parantaa selvästi harjoitustuloksia, parantamalla pelaajan sisäistä motivaatiota ja sitkeyttä uuden, vaikeana koetun asian harjoitteluun, joka on välttämätöntä oppimiselle ja kehittymiselle (Engeser & Rheinberg 2008; Jaeggi et al. 2013).

## 6. KÄYTTÄJÄKESKEINEN SUUNNITTELU

Käyttäjäkeskeinen suunnittelu on suunnittelumetodi, joka asettaa loppukäyttäjän suunnittelun keskiöön (Cooper 1999). Käyttäjäkeskeisen suunnittelun avulla suunnittelijan on mahdollista huomioida suunnittelussa loppukäyttäjän todelliset tarpeet, jotka eivät tulisi muuten huomioiduksi. Käytettävyyden merkitys korostuu ikäihmisille suunnattujen palveluiden suunnittelussa, sillä ikäihmiset muodostavat hyvin heterogeenisen ryhmän, jonka sisällä kognitiiviset, motoriset ja sensoriset kyvyt vaihtelevat merkittävästi, vaikka valtaosa ikääntyneistä ei kuulukaan mihinkään varsinaiseen erityisryhmään. Kiinnittämällä huomiota käytettävyyteen voidaan alentaa ikäihmisten kynnystä palvelun käyttöönottoon, kuten tutkimuksessa on aiemmin osoitettu.

### 6.1 Käytettävyys

Kirjallisuudessa on esitetty useita yleisiä käytettävyys suosituksia ikäihmisille suunnitelluille peleille. Ikäihmisille suunnitelluissa peleissä tulisi tarjota mahdollisuus säätää pelin vaikeustasoa ja pelinopeutta (Weisman 1983; Whitcomb 1990; Gerling et al. 2010). Gerling et al. (2010) mukaan myös peliohjaimen herkkyyys tulisi olla säädettävissä ja pelikokemuksen tulisi perustua yksinkertaiseen vuorovaikutukseen. Flores et al. (2008) suosittelevat suunnittelun lähtökohdiksi kognitiivisten vaikeustason sovittamisen kohderyhmälle sopivaksi, yksinkertaisen käyttöliittymän sekä motivoivan palautteen. He suosittelevat lisäksi sosiaalisten komponenttien toteuttamista sekä merkityksellisen pelikokemuksen luomista. Ijsselstein et al. (2007) mukaan ikäihmisille suunnitelluissa peleissä tulisi välttää liian pieniä elementtejä ja eikä niissä saisi vaatia nopeita liikkeitä tai reaktioita. Yleisten käytettävyysohjeiden lisäksi pelisuunnittelussa tulisi ottaa aina huomioon pelin kohderyhmän erityispiirteet, liittyivät ne sitten sensoriseen, motoriseen tai kognitiiviseen käytettävyyteen.

Kiili et al. (2014) ovat esittäneet oppimispelien kontekstissa, joka lienee kuitenkin sovellettavissa myös ikäihmisille tarkoitettuihin hyötypeluihin, että pelin haastavuus tulisi olla tasapainossa pelaajan taitojen kanssa ja sen tulisi liittyä pelin päätehtävään, jotta pelissä voisi saavuttaa kehittymisen kannalta edullisen flow-tilan (Nakamura & Csikszentmihalyi 2002). Heidän mukaansa, jos pelin tavoitteet ja artefaktit ovat liian monimutkaiset tai ohjaus ja käyttöliittymä vaikeasti käytettävät, pelaajan tarkkaavaisuus vahingoittuu ja huonon pelattavuuden seurauksena pelaaja joutuu käyttämään tarkkaavaisuuttaan ja rajallisia kognitiivisia resurssejaan muuhun kuin pelin päätehtävään. Pelin käyttöliittymäsuunnittelussa tulisi heidän mukaansa pyrkiä siihen, että pelin ohjaus muuttuu kognitiivisesta sujuvaksi vuorovaikutukseksi, jolloin pelin ohjaus muuttuu pe-

laajan kannalta automaattiseksi ja pelaaja voi suunnata kognitiiviset resurssinsa pelin päätehtävään.

### 6.1.1 Sensorinen käytettävyys

Ikääntyminen vaikuttaa merkittävästi näkö- ja kuuloaistiin (Gamberini et al. 2006). Ijsselsteijn et al. (2007) mukaan ikääntyessä näkökyky menettää staattista ja dynaamista tarkkuuttaan ja sen kontrasti-, väriherkkyys sekä sopeutumiskyky heikkenevät. Näön heikentyminen vaikeuttaa pienten elementtien havaitsemista näytöltä, pienen tekstin lukemista sekä tiedon löytämistä monimutkaisesta näkymästä. Kuuloaistin heikentyminen vaikeuttaa korkeiden äänien kuulemistä ja ikäihmisille helpoimmin kuultavia ääniä ovat matalat (500-1000 Hz) äänet. Ikäihmisten on usein myös vaikeaa ymmärtää digitaalisesti tuotettua ei-luonnollista puhetta. Heikentyneeseen näköaistiin voi käyttöliittymäsuunnittelussa varautua esimerkiksi mahdollistamalla kirjaisinkoon ja -värien sekä kontrastiasetusten vaihtamisen ja käyttöliittymän zoomauksen. Tärkeä informaatio tulisi lisäksi tarjota pelin aikana monikanavaisesti. (Ijsselsteijn et al. 2007)

### 6.1.2 Motorinen käytettävyys

Ikääntyminen vaikuttaa myös motorisiin ja hienomotorisiin kykyihin. Motoriset ongelmat ovat luonteeltaan hyvin vaihtelevia ja niiden vaikutus käytettävyyteen vaihtelee merkittävästi. Yleisimpiä motorisia muutoksia ovat reaktioajan piteneminen, vaikeus ylläpitää jatkuvaa yhtämittaista liikettä sekä koordinaation ja tasapainon häiriöt (UN 2006). Motorinen heikentyminen tulisi huomioida välttämällä pieniä ja liikkuvia elementtejä käyttöliittymässä ja valitsemalla peliohjain ikäihmisille sopivaksi. (Ijsselsteijn et al. 2007)

Tabletit voivat olla suuren ruudun ja ikäihmisille sopivan ohjaustavan ansiosta erinomainen pelialusta ikäihmisille. Murata ja Iwase (2005) tutkivat kosketusnäyttöjen vaikutusta eri ikäisiin käyttäjiin. He totesivat tutkimuksessaan, että ikäihmiset (65–75-vuotiaat) pystyivät käytännössä yhtä tarkkaan käyttöön kosketusnäytöllä kuin nuoremmatkin käyttäjät. Kosketusnäytölliset laitteet voivat lisätä ikäihmisten halua käyttää tietotekniikka, koska ne vaativat vähemmän oppimisaikaa ja johtavat suurempaan käyttäjätyytyväisyyteen (Douglas & Mithal 2012). Esimerkiksi hiirenkäyttöön verrattuna ero on merkittävä (Epps 1986) eikä kosketusnäyttö vaadi käyttäjältä mentaalista osoittimen siirtoa erilliselle näytölle (Charness et al. 1995). Murata ja Iwase (2005) tekemässä tutkimuksessa hiirellä osoittamiseen kulunut aika kasvoi lineaarisesti iän funktiona. Ikäihmisillä voi kuitenkin olla vaikeuksia pitää tablettia käsissään ihon kuivumisesta tai heikosta puristusvoimasta johtuen. Koivisto et al. (2014) raportoivat silikonisten suojakuorien parantavan ikäihmisten otetta tabletista.

### 6.1.3 Kognitiivinen käytettävyys

Ikääntyminen näkyy kognitiivisena heikentymisenä, kuten on aiemmin osoitettu. Kognitiiviset kyvyt vaihtelevat normaalin ikääntymisen ja MCI-oireyhtymän ja muistisairauksen eri vaiheissa ja kaikilla näillä on omat käytettävyyteen ja pelattavuuteen liittyvät erityspiirteensä, jotka tulisi huomioida, jotta peli olisi kohderyhmälleen kognitiivisesti helppokäyttöinen (Fua et al. 2013). Näennäisen helpot tehtävät, kuten pelin kannalta tärkeän asian muistaminen siirryttäessä pelinäkömästä toiseen, voivat muuttua haastaviksi heikentyneen tarkkaavaisuuden ja työmuistin seurauksena (Ijsselsteijn et al. 2007). Kognitiivinen ikääntyminen vaikuttaa myös siihen, miten pelin tarjoamaa informaatiota kuten palkintoja, rangaistuksia, tavoitteita ja vuorovaikutusmekanismeja pystyy käsittelemään ja ymmärtämään (Fua et al. 2013).

Kirjallisuudessa on mainittu merkittävä joukko kognitiivisia kykyjä, joiden heikkeneminen ikääntyessä tulisi ottaa huomioon pelisuunnittelussa. Ijsselsteijn et al. (2007) mainitsevat kognitiivinen ikääntyminen vaikuttavan tarkkaavaisuuteen, työmuistiin, diskurssin ymmärtämiseen, ongelmanratkaisu- ja päättelykykyyn sekä kykyyn painaa mieleen ja noutaa informaatiota muistista. Ikääntyminen vaikuttaa myös ongelmanratkaisutaitoihin ja tiedonkäsittelyyn (Gamberini et al. 2006), minkä lisäksi ikäihmiset kärsivät usein tarkkaavaisuuden (Czaja & Lee 2008), silmä-käsi-koordinaation sekä spatioaalisen ongelmanratkaisukyvyn (Salthouse 2010) heikkenemisestä. Tiedonkäsittelyn hidastumisen seurauksena informaation käsittely ja siihen reagointi vaatii enemmän aikaa ja samalla virheiden määrä kasvaa. Fua et al. (2013) mukaan tämä tulisi ottaa huomioon vähentämällä rajatussa ajassa esitettyjen ärsykkeiden sekä pelaajalta vaadittujen toimien määrää.

MCI-oireyhtymä vaikuttaa usein ensimmäisenä episodiseen muistiin, jolloin ikäihmisen on vaikeampaa käsitellä tapahtumiin ja tunteisiin liittyvää uutta informaatiota. Pelisuunnittelun kannalta episodisen muistin heikkeneminen voi vaikuttaa tapahtumien muistamiseen pelin eri vaiheiden välillä, kun pelaajan pitäisi esimerkiksi muistaa aiempi tapahtuma edetäkseen pelissä. Fua et al. (2013) mukaan pelin vaiheet tulisi suunnitella mahdollisimman itsenäisiksi kokonaisuuksiksi tai muistettavan informaation määrä tulisi ainakin minimoida.

MCI-oireyhtymä vaikuttaa myös semanttiseen muistiin, joka käsittelee merkityksiä ja kategorisoi asioiden yhteyksiä. Semanttisen muistin heikkeneminen vaikeuttaa pelissä esiintyvien elementtien merkitysten oppimista ja muistamista. Tämä voi näkyä esimerkiksi pelaajan vaikeutena muistaa taikajuoman vaikutus pelihahmon juoksunopeuteen. Fua et al. (2013) mukaan pelisuunnittelussa semanttisen muistin heikkeneminen tulisi huomioida minimoimalla tai välttämällä kokonaan erilaisten elementtien ominaisuuksia muokkaavia tekijöitä tai pyrkimällä tekemään niistä mahdollisimman johdonmukaisia, helposti ymmärrettäviä sekä muistettavia. Semanttisen muistin heikkeneminen vaikeuttaa myös elementtien välisten vuorovaikutussuhteiden ymmärtämistä. Pelisuunnittelussa

tämä tulisi huomioida minimoimalla vuorovaikutusta seuraavan palkitsemisen tai rankaisemisen aikaviive tapahtumasta (Fua et al. 2013).

Etenevä muistisairaus näkyy edetessään laaja-alaisesti kognitiivisissa kyvyissä. Aiemmin esiteltyjen kognitiivisen ikääntymisen ja MCI-oireyhtymän aikana ilmenevien oireiden lisäksi alkavan muistisairauden yksi keskeinen oire on työmuistin selvä heikkeneminen. Pelaajan, jonka työmuisti on heikentynyt merkittävästi, on vaikeampi keskittyä peliin ja on herkempi häiriötekijöille. Pelaajan on myös vaikeampaa ylläpitää pelin kannalta tärkeää informaatiota ja sen tavoitteita muistissaan. Fua et al. (2013) mukaan pelisuunnittelussa tämä tulisi ottaa huomioon samalla tavalla kuin semanttisen muistin heikkeneminen eli tarjoamalla pelaajalle pelitapahtumista välittömästi palautetta. Lisäksi ylimääräisten, pelaajan keskittymistä häiritsevien, mutta pelin etenemisen kannalta ei välttämättömien kohteiden vähentäminen voi auttaa pelaajan tarkkaavaisuuden pysymistä pelin tavoitteen kannalta tärkeässä informaatiossa.

Edetessään muistisairaus vaikuttaa myös prospektiiviseen muistiin, joka liittyy kykyyn muistaa tehdä asioita oikeassa paikassa oikeaan aikaan. Kognitiivinen ikääntyminen heikentää prospektiivista muistia, mutta muistisairaus nopeuttaa sen heikkenemistä merkittävästi (Wilson et al. 1985). Pelaajalle, jonka prospektiivinen muisti on heikentynyt, voi olla vaikeaa muistaa milloin ja missä tilanteessa jokin pelin toiminto kannattaa suorittaa. Fua et al. (2013) mukaan pelisuunnittelussa tämä tulee huomioida tarjoamalla pelaajalle informaatiota vasta kun sitä tarvitaan, jotta pelaajan muisti ei ylikuormitu.

Päätelykyvyn heikkeneminen ja reaktioaikojen pidentyminen kuuluvat normaaliin kognitiiviseen ikääntymiseen, mutta etenevän muistisairauden myötä niiden heikkeneminen nopeutuu ja vaikutus suorituskyykyyn kasvaa. Pelaajan, jonka toiminnanohjaus on heikentynyt, voi olla vaikeampaa käsitellä pelissä päätöksen teon kannalta tärkeää informaatiota ja sen käsittelyyn kuluu enemmän aikaa. Fua et al. (2013) mukaan pelisuunnittelussa tämä tulisi huomioida kasvattamalla päätöksentekoon sallitun ajan pituutta tai poistamalla aikarajoitukset kokonaan sekä vähentämällä tarvittavien päätösten määrää rajatussa aikaikkunassa. Mahdollisuus sovittaa päätelytehtävien vaikeustasoa, auttaisi myös pelattavuuden säilyttämisessä päätelykyvyn heikkenemisestä kärsivillä pelaajilla.

Visuaalis-spatiaalisen muistin heikkeneminen vahingoittaa muistisairaudesta kärsivän pelaajan kykyä arvioida ja ymmärtää spatiaalisia yhteyksiä ja muodostaa mielikuvia (Green 2005) pelin elementeistä. Pelaajan, joka kärsii visuaalis-spatiaalisen muistin heikkenemisestä voi olla vaikeaa muuttaa mentaalisesti pelissä esitettyjen elementtien perspektiiviä ja järjestystä. Fua et al. (2013) mukaan tämä tulisi ottaa pelisuunnittelussa huomioon suosimalla 2-ulotteista kuvaamista, sillä 3-ulotteisten elementtien hahmotaminen 2-ulotteisella näytöllä voi olla vaikeaa. Lisäksi pelin elementtien fyysisten ominaisuuksien sekä niiden vuorovaikutusten kuvaamisen selkeyteen tulisi kiinnittää erityistä huomioita.

Muistisairauden edettyä vaikeaksi lähes kaikki kognitiiviset kyvyt, kielellisiä toimintoja lukuun ottamatta, ovat vahingoittuneet merkittävästi. Kognitiivisten kykyjen lisäksi pitkälle edennyt muistisairaus vahingoittaa myös motorisia ja hienomotorisia (praxia) kykyjä. Hienomotoristen kykyjen vahingoittuminen tulisi ottaa pelisuunnittelussa huomioon, jos pelin kohderyhmänä on myös muistisairaudesta kärsivät pelaajat. Praxiasta kärsivällä pelaajalla voi olla vaikeaa suorittaa vaativia ohjauseleitä kuten elementtien kääntämistä, tarkkaa ohjaamista ja sijoittamista, joten pelin ohjaustoimintojen tulisi olla hyvin yksinkertaiset. Samoin tulisi välttää monikosketuseleitä, sillä muistisairaahan pelaajan voi olla vaikeaa muistaa monimutkaisia ohjauseleitä. Pitkälle edenneestä muistisairaudesta kärsiville pelaajille suunniteltaessa pelien tulisi olla myös logiikan ja elementtien vuorovaikutusten suhteen yksinkertaisia sekä palautteen välitöntä ja erittäin selkeää. (Fua et al. 2013)

Ikäihmiset tulisi yleisesti ottaa huomioon pelisuunnittelussa kognitiivisen käytettävyyden kannalta rajaamalla kognitiivista rasitusta ja huomioimalla pelin kohderyhmän erityisvaatimukset kognitiivisen heikentymisen eri vaiheissa. Pelissä esitettävän informaation määrää tulisi rajoittaa, sen esittämisen selkeyteen tulisi kiinnittää erityistä huomiota ja olennainen informaatio tulisi olla helposti saatavilla pelin eri vaiheissa. Lisäksi pelin tavoitteiden tulisi olla helposti ymmärrettäviä eikä pelaajaa saisi vaatia muistamaan useita eri tavoitteita samaan aikaan. Pelin vaikeustaso tulisi olla sovitettavissa kognitiivisen heikentymisen eri tasoille, jotta pelattavuus olisi mahdollista säilyttää. (Fua et al. 2013) Hyötypelien kohdalla muiden kuin intervention kohteena olevan kognitiivisen kyvyn kuormitus tulisi minimoida myös intervention tehokkuuden kannalta (Klingberg 2010).

## 6.2 Cooperin persoonat

Alan Cooper (1999) esitteli kirjassaan "The Inmates are Running the Asylum" uudenlaisen käyttäjäkeskeisen suunnittelun tavoiteohjautuvan metodin, jossa loppukäyttäjää edustava persoona ja tämän tavoitteet asetetaan suunnittelun keskiöön. Persoonat ovat arkkityyppejä, jotka edustavat ryhmää oikeita käyttäjiä, joilla on samankaltaiset, tunnusomaiset piirteet ja tarpeet (Pruitt & Adlin 2006), mutta ne eivät ole missään nimessä stereotyyppisiä. Stereotyyppit ovat persoonien vastakohtia, sillä ne ovat suunnittelijoiden ennakkoasenteiden ja oletusten heijastumia (Cooper et al. 2007). Persoonat muodostetaan tyypillisesti etnografisen tutkimuksen perusteella, jolla selvitetään palvelun tulevien käyttäjien käyttäytymismallit, tavoitteet, taidot, asenteet sekä ympäristötekijät (Cooper 1999). Persooniin lisätään tutkimuksessa saadun tiedon lisäksi fiktiivisiä komponentteja, joiden tavoitteena on tehdä persoonista aidompia ja herättää ne henkiin (Cooper 1999). Persoonien kuvaukset tulisi kirjallisuuden perusteella sisältää tyypillisesti demografiset tiedot henkilöstä ja perheestä, kuvauksen tyypillisestä päivästä, vapaa-ajan harrastukset, tavoitteet, pelot, tietotekniikkataidot, yleisen elämänsänteen,



roolin yhteisössä tai töissä sekä persoonan edustaman markkinakoon ja merkityksen (Goodwin 2008; Pruitt & Grudin 2003; Nielsen 2004).

Persooniin liitetään persoonan kuvauksen lisäksi joukko tavoitteita, jotka Cooper (1999) määritteli edustavan käyttäjän toiminnan lopputilan odotusarvoa. Tavoitteet eivät siis edusta yksittäisiä toimintoja tai tehtäviä, jotka ovat määritelmällisesti vain välivaiheita matkalla kohti lopputavoitetta (Cooper et al. 2007). Normanin (2005) mukaan suunnittelun tulisi kattaa eri tasoisia kognitiivisia ja emotionaalisia prosesseja, joista Cooper et al. (2007) muotoilivat kolme persooniin liitettävää tavoitetta. Goodwin (2008) nimesi nämä tavoitteet kokemus-, loppu- ja elämäntavoitteiksi. Elämäntavoitteet kuvaavat persoonan tavoitteita hyvin yleisesti elämän tasolla. Elämäntavoite voi olla esimerkiksi kokea olevansa suosittu ja arvostettu vertaisten parissa. Kokemustavoitteet kuvaavat, mitä persoona haluaa kokea käyttäessään palvelua. Käyttäjä voi esimerkiksi haluta, että palvelua käyttäessä on hauskaa tai että hän ei halua tuntea itseään tyhmäksi palvelua käyttäessään. Valtaosan persoonan tavoitteista tulisi kuitenkin olla lopputavoitteita, joilla kuvataan, mitä persoona tavoittelee palvelun käyttämisen lopputuloksena. Lopputavoite voi olla esimerkiksi puhelinta käyttäessä olla yhteydessä ystäviin ja perheeseen. (Cooper et al. 2007)

Palvelun suunnittelussa käytetään tavallisesti hyvin rajattua määrää persoonia, joista yhden tulee olla aina ensisijainen persoona. Palveluun voi liittyä myös persoonia, jotka eivät ole varsinaisia käyttäjiä, mutta jotka voivat olla palvelun kannalta olennaisia. Tällaisia persoonia voivat olla esimerkiksi palvelun hankinnasta vastaava tai palvelun käyttämistä tukeva persoona. Parhaaseen lopputulokseen palvelun suunnittelussa päästään Cooper et al. (2007) mukaan kun palvelun suunnitellaan tyydyttämään ennen kaikkea ensisijaisen persoonan tarpeet. Tyypillisesti valtaosa suunnittelussa käytettävistä tavoitteista on lopputavoitteita (3-5 kpl). Kokemustavoitteita on tyypillisesti korkeintaan kaksi. Jotkin niistä voidaan toisaalta liittää kaikkiin persooniin, kuten tavoite olla tuntematta itseään tyhmäksi palvelua käyttäessään. Elämäntavoitteita käytetään yleisimmin kuluttajatuotteista ja niitä on tavallisesti korkeintaan vain yksi palvelua kohden. Persoonien tavoitteiden lisäksi palvelun tulee useissa tapauksissa täyttää myös erilaisia liiketoiminta- ja teknisiä tavoitteita. (Cooper et al. 2007)

Persoonista ja näiden tavoitteita muodostetaan suunnittelussa lopulta palvelun kannalta olennaisia käyttötilanteiden kuvauksia eli skenaarioita (Carroll 2000). Carrollin (2000) mukaan skenaariot ovat tarinoita, joissa on alkuasetelma sekä toimijoita, joilla on tavoitteita ja päämääriä. Skenaario voi olla esimerkiksi kuvaus pelitason suorittamisesta, jossa persoona on pelaaja ja tavoite on tason läpäiseminen.

Persoonien tarjotessa kontekstin käytökselle, tavoitteet toimivat havaitun käytöksen motivaationa. Ilman tavoitteita persoonat eivät ole hyödyllinen suunnittelun työkalu. Tavoitteet kertovat miksi ja miten persoonat käyttävät tuotetta, mutta auttavat suunnittelijoita myös ymmärtämään paremmin persoonan käyttäytymistä. (Cooper et al. 2007)

Persoonat eivät ole oikeita käyttäjiä, mutta perustuessaan niiden käyttäytymiseen, motivaatioihin ja tavoitteisiin ne auttavat suunnittelijoita määrittämään mitä palvelun tulisi tehdä ja miten käyttäytyä (Cooper et al. 2007). Hyvin toteutetut persoonat auttavat suunnittelijoita ennustamaan ja luomaan odotusarvoja persoonien avulla käyttäjien suhtautumisesta ja reaktioista suunnitteluratkaisuihin jo ennalta samalla tapaan kuin voimme ennustaa hyvin tuntemiemme ihmisten reaktioita ja niitä voidaan hyödyntää helposti aina uusissa tilanteissa (Pruitt & Grudin 2003). Ne auttavat suunnittelijoita myös saamaan kokonaisvaltaisemman käsityksen palvelun loppukäyttäjistä (Jordan 2000). Persoonat helpottavat myös palvelun ominaisuuksien valinnassa sekä vuorovaikutuksen ja visuaalisen ilmeen suunnittelussa. Suunnittelemalla persoonalle, jonka tavoitteet ja käyttäytyminen tunnetaan, voidaan paremmin tyydyttää sen edustaman käyttäjäryhmän tarpeet. (Cooper 1999) Persoonien tarjoaman holistisen ymmärryksen ansiosta jo suunnittelun alkuvaiheessa voidaan helposti testata varhaisia suunnitteluratkaisuja persoonilla ja näin iteroida tehokkaasti ennen palvelun testaamista oikeilla loppukäyttäjillä (Cooper et al. 2007).

Persoonat auttavat ratkaisemaan useita suunnittelun ongelmia ja parantamaan sen laatua. Kirjallisuudessa persoonien kerrotaan parantavan suunnitteluryhmän sisäistä ja eri sidosryhmien välistä kommunikaatiota kohderyhmästä (Cooper 1999; Grudin & Pruitt 2002) sekä lisäävän keskittymistä sen tarpeisiin (Cooper 1999; Pruitt & Adlin 2006). Persoonat tarjoavat myös yhteisen kielen suunnitteluratkaisuihin, auttavat pitämään suunnittelun käyttäjäkeskeisenä ja helpottavat sidosryhmiä yhteisen ymmärryksen saavuttamisessa (Cooper et al. 2007). Persoonat auttavat ratkaisemaan suunnittelussa myös elastisen käyttäjän sekä itsereflektiivisen suunnittelun ongelman. Elastisen käyttäjän ongelma syntyy, kun yhtä käyttäjää käytetään tilanteen mukaan joustavasti kuvaamaan esimerkiksi tehokäyttäjää tai ensikäyttäjää. Elastinen käyttäjä aiheuttaa sen, ettei lopullinen suunnitteluratkaisu vastaa oikean käyttäjän tarpeita. Itsereflektiivinen suunnittelu heijastaa suunnittelijan omia tavoitteita, motivaatioita, taitoja tai mentaalimalleja suunnitteluratkaisuun, jotka ovat tarpeettomia tai sopimattomia tavalliselle käyttäjälle. (Cooper et al. 2007)

Persoonat ovat tehokkaita ja monikäyttöisiä työkaluja suunnittelun lisäksi myös palvelun muissa elinkaaren vaiheissa (Pruitt & Grudin 2003), mutta niiden käyttöä ei kontekstisidonnaisina tulisi laajentaa muihin palveluihin (Cooper et al. 2007). Miaskiewicz ja Kozar (2011) osoittivat useiden yritysten saaneen merkittäviä tuloksia lisäämällä persoonat osaksi käyttäjäkeskeistä suunnitteluaan. Tärkeimmiksi eduiksi edellä mainittujen lisäksi tutkimuksessa nousivat palveluiden ominaisuuksien ja kohderyhmien priorisointi, niiden parempi huomioon ottaminen suunnittelussa sekä vanhojen organisaatiotason oletusten haastaminen.

## 7. TYÖMUISTIPELITUTKIMUS

Tutkimuksen case-osuudessa tutkittiin n-back-tehtävään perustuvan työmuistipelin kehittämistä ikäihmisille sekä sen pelaamisen vaikutusta kognitioon. Työmuistipelitutkimus toteutettiin Porissa toimivassa palvelukeskus Himmellisä, jonka henkilökunta ja asiakkaat osallistuivat tutkimuksen toteutukseen.

### 7.1 Tutkimuksen tavoite

Case-tutkimuksen päätavoitteena oli kehittää ikäihmisille soveltuva työmuistipeli sekä mitata pelaamisen mahdollista vaikutusta kognitioon. Case-tutkimuksessa tutkittiin myös toteutetun työmuistipelin soveltuvuutta ikäihmisille sekä sen saamaa vastaanottoa. Case-tutkimuksessa analysoitiin lisäksi lurejen vaikutusta pelin vaikeusasteeseen. Tutkimushypoteesina oli kirjallisuusosuuden perusteella, että luret lisäävät vääriä vastauksia ja pidentävät vastausaikoja.

### 7.2 Tutkimusmenetelmät ja aineisto

Tutkimukseen osallistui 14 henkilöä (12 naista, 2 miestä), jotka olivat iältään 71-93-vuotiaita ( $ka = 84,57$ ,  $kh = 6,17$ ). Pelaamisen osallistui 22 henkilöä, mutta ainoastaan 12 henkilöä suoritti kaikki esi- ja jälkitestit. Tutkimuksessa ei selvitetty koehenkilöiden sosioekonomista, terveys-, koulutus- eikä työtaustaa.

Koehenkilöillä oli tutkimuksessa 164 vuorokautta aikaa pelata työmuistipeliä ja käytävissä oli kaksi pelilaitetta. Pelaaminen tapahtui muun palvelukeskuksen päiväohjelman rinnalla ja tutkimukseen osallistuneet henkilöt osallistuivat ohjattuun päiväohjelmaan kerran viikossa. Tutkimuksessa ei ollut aikataulusuunnitelmaa, jonka mukaan koehenkilöiden pelimääriä olisi ohjattu tutkimuksen aikana eikä tutkimukseen osallistuneille varattu päiväohjelmassa erillistä peliaikaa. Koehenkilöt saivat tutkimuksen aikana myös vapaasti valita pelitason, jota pelasivat.

Työmuistipelin vaikutusta kognitioon kontrolloitiin esi- ja jälkitestien avulla. Tutkimuksen esi- ja jälkitestaukseen käytettiin Corsin kuutiot -testiä sekä suomalaisissa sosiaali- ja terveydenhuollossa laajasti käytettyä MMSE-testiä (Tombaugh & McIntyre 1992). Tutkimuksesta kerättiin myös laadullista ja määrällistä informaatiota kyselytutkimuksella, joka suoritettiin pelijakson päätyttyä. Kyselylomakkeena käytettiin case-tutkimusta varten muokattua LIVING LAB -hankkeen kyselylomaketta, jonka suljetuissa kysymyksissä käytettiin Likert-asteikkoa. Kyselytutkimuksen runko on liitteenä.

Corsin kuutiot -testillä mitattiin lähisiirtymää työmuistin visuaalis-spatiaaliseen komponenttiin. Testin suorittaminen aloitettiin testin 1. tasolta. Testi päättyi, kun koehenkilö epäonnistui toistamaan oikein saman tason sarjan kaksi kertaa. Testin pisteytyksessä käytettiin viimeistä tasoa (1-9), jonka koehenkilö oli onnistunut toistamaan oikein. Ennen testin suorittamista koehenkilöt saivat tutustua testisovellukseen lyhyesti testin valvojan opastuksessa. Testin valvonnan suoritti palvelukeskuksen henkilökunnan jäsen ja testit suoritettiin palvelukeskuksen päiväohjelman rinnalla.

MMSE-testillä kontrolloitiin mahdollista vaikutusta yleiseen kognitioon. MMSE-testi on palvelukeskuksessa säännöllisessä käytössä uusien asiakkaiden kognitiivisessa arvioinnissa. MMSE-testi on lyhyt muistin ja tiedonkäsittelyn arviointiin tarkoitettu suppea testi. Testi sisältää aika- ja paikkaorientaatiota, mieleen painamista ja palauttamista, laskemista, lukemista, kirjoittamista, ohjeiden noudattamista sekä hahmottamista mitattavia tehtäviä (Soinila et al. 2006; Sulkava et al. 2015). Testin kokonaispistemäärä on 30 ja tehdyt virheet vähentävät pisteitä. 24 pistettä pidetään yleisesti kognitiivisen häiriön (Soinila et al. 2006) ja 17 pistettä keskivaikean muistisairauden rajana (Sulkava et al. 2015). Vaikeaa muistisairautta on syytä epäillä, kun koehenkilö saa testistä alle 12 pistettä. MMSE-testin heikkoutena on sen epätarkkuus ja epäspesifisyys (Soinila et al. 2006). Se sopii parhaiten edenneen muistisairauden seulontaan ja seurantaan (Sulkava et al. 2015). MMSE-testiä on käytetty aiemmin sekä terveitä että MCI-oireyhtymästä kärsiviä koehenkilöitä sisältäneissä kognitiivisen intervention tutkimuksissa (McDougall et al. 2010; Tsolaki et al. 2011). MMSE-testit suoritettiin palvelukeskuksen henkilökunnan valvonnassa.

Interventiota edeltäneessä kognitiivisessa mittauksessa koehenkilöiden Mini-Mental State Examination (MMSE) -testin pisteiden keskiarvo oli 25,71 (kh = 3,59, vaihteluväli 17-30) mikä ylitti yleisesti MCI-oireyhtymän merkinä pidetyn 24 pisteen rajan, mutta alitti selvästi 30 pistettä, jonka katsotaan olevan normaaliksi tulkittavan kognitiivisen kunnan raja (Soinila et al. 2006). Viiden koehenkilön MMSE-testin pistemäärä oli 24 tai pienempi.

### 7.3 Tutkimusmateriaalit

Case-tutkimuksessa kehitettiin iPad-laitteella toimiva työmuistipeli. Työmuistipelin kehitystä varten määriteltiin esitutkimuksen perusteella kolme persoonaa. Laura persoonalla oli primääripersona, jolle työmuistipeli ensisijaisesti suunniteltiin. Lauran lisäksi määriteltiin avustava persona Markku, joka kuvasi palvelukeskuksen henkilökunnan roolia tutkimuksen aikana sekä antipersona Ella, joka vastasi alkuperäisen Brain vs. Zombies -pelin primääripersonaa ja edusti siten lähtötilannetta, josta peliä lähdettiin muuttamaan Lauralle sopivaksi. Case-tutkimusta varten määritellyt persoonat on kuvattu liitteessä.

Case-tutkimusta varten kehitettiin lisäksi Corsin kuutiot -testisovellus mahdollisen lähi-siirtymän mittaamiseksi sekä pelidataa ja käyttäjänhallintaa varten palvelinsovellus. Pelin teknisestä kehittämisestä vastasi tutkimuksen aikana Flow Factory Oy:n kehitystiimi. Persoonien määrittely, Corsin kuutiot -testisovellus, datan hallintaan ja visualisointiin sekä käyttäjähallintaan liittyvät tekniset osuudet toteutettiin osana diplomityötä.

### 7.3.1 Työmuistipeli

Tutkimuksessa kehitettiin n-back-harjoitukseen perustuva työmuistipeli ikäihmisille. Työmuistipelin pohjana käytettiin Flow Factory Oy:n aiemmin kehittämää Brain vs. Zombies -peliä, joka on suunniteltu erityisesti aktiivisuus- ja tarkkaavaisuushäiriöisille (ADHD) lapsille. Brain vs. Zombies -peli ei soveltunut alkuperäisessä muodossa ikäihmisille liian korkean vaikeustason sekä käyttöliittymän sopimattomuuden takia. Tutkimuksen perehdyttiin ikäihmisiä koskevaan kognitiiviseen- ja käytettävyystudkimukseen, jonka perusteella peli muutettiin paremmin ikäihmisille soveltuvaksi. Työmuistipelin muuttamisessa ikäihmisille sopivaksi käytettiin Cooperin (1999) persoonia, jotka tarjosivat kehitysryhmälle tehokkaan tavan keskittyä uuden kohderyhmän erityisvaatimukseen. Peliä varten määritellyt persoonat on kuvattu liitteessä.

Esitutkimusvaiheen haastattelujen perusteella työmuistipelin ympäristöksi valittiin maatala ja sen eläimet (Kiili 2015). Maatilalle sijoittuva työmuistipeli visualisoitiin ladon päädyksi. Ladon ikkuna-aukot toimivat pelissä spatiaalisen n-back-harjoituksen ruudukkona ja ikkuna-aukoista ilmestyvät maatilan eläimet sen alkiona. Käyttöliittymän väreiksi valittiin maatilalle sopivia luonnollisia ja kirkkaita värejä (Kuva 5).

Työmuistipelin muuttamisessa ikäihmisille sopivaksi kiinnitettiin erityistä huomiota motoriseen, sensoriseen ja kognitiiviseen käytettävyyteen. Kosketusnäytöllisen iPad-laitteen valinta pelialustaksi ja peliohjauksen perustuminen yksinkertaiseen sormella osoittamiseen minimoivat motoristen ongelmien merkityksen pelikokemukselle. Kognitiivisen ja sensorisen käytettävyyden osalta toteutuksessa keskityttiin käyttöliittymän selkeyteen sekä vuorovaikutuksen ymmärrettävyyteen ja välittömyyteen.

Työmuistipelin muuttaminen ikäihmisille sopivaksi vaati kognitiivisen kuormituksen merkittävää vähentämistä (Kiili 2015). Alkuperäinen, ADHD-lapsille tarkoitettu Brain vs. Zombies -työmuistipeli perustui n-back-harjoitusta vaikeampaan dual-n-back-harjoitukseen, joka kuormittaa enemmän pelaajan työmuistia ja vaatii pelaajaa reagoimaan sekä auditiivisiin että visuaalisiin ärsykkeisiin. Työmuistipelistä poistettiin auditiivinen komponentti ja toteutettiin ikäihmisiä varten pelkästään spatiaalinen n-back-versio. Spatiaalisten alkioden määrää vähennettiin lisäksi alkuperäisestä yhdeksästä kuuteen. Työmuistipelin muuttaminen n-back-harjoitukseen perustuvaksi ei kirjallisuuden perusteella pitäisi vaikuttaa merkittävästi pelaamisen mahdolliseen siirtovaikutukseen (Jaeggi et al. 2010). Työmuistipeli sisälsi ensimmäisissä kehitysversioissa myös rajoitetun vastausajan, joka asetti pelaajalle paineen vastata esitettyyn kysymykseen

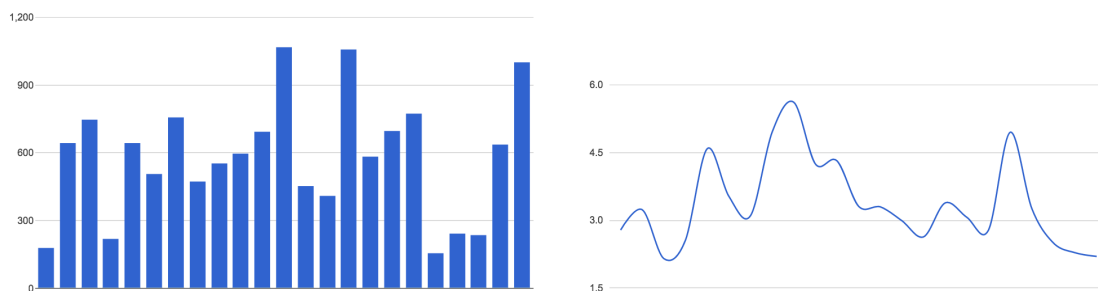


*Kuva 5. Työmuistipelin pelinäköymä pelin 1. tasolla.*

määrätyn ajan sisällä. Vastausajan rajoitus kuitenkin poistettiin pelistä esitutkimusvaiheessa sen osoittaututtua liian vaativaksi ikäihmisille fyysisistä rajoitteista (Kiili 2015), sekä mahdollisesti heikentyneestä toiminnanohjauksesta johtuen.

Työmuistipelin muuttaminen ikäihmisille sopivaksi toteutettiin iteratiivisesti käytettävyyss- testauksen antaman palautteen perusteella. Käytettävyyystesteissä havaittiin, etteivät ikäihmiset havainneet alkuperäisessä työmuistipelissä käytettyjä visuaalisia vihjeitä (signaalivärit ja eläinten ilmeet) siitä, oliko pelaajan vastaus oikein vai väärin. Peliin lisättiin tämän seurauksena auditiivinen komponentti, joka toteutettiin aidolla ääninäytelijän äänellä sen ymmärrettävyyden maksimoimiseksi. Auditiivisen kanavan käyttöä laajennettiin myös pelin aikaiseen opastukseen. Pelaajaa opastettiin pelin aikana aina alkion näyttämisen jälkeen kysymyksellä: "Oliko eläin tässä?". Vastauksen jälkeen pelaajalle annettiin välitön äänipalaute siitä, oliko pelaajan vastannut oikein vai väärin.

Työmuistipelin käyttöliittymässä esitettävät pisteet sekä jäljellä olevien yritysten määrä tuotiin lähemmäs pelin kontekstia näyttämällä pelissä kertyvät pisteet pelaajan vastauksen jälkeen samassa ikkuna-aukossa, johon pelaajan vastaus liittyi. Jäljellä olevien



**Kuva 6.** Pelisuorituksen visualisointi pelin käyttöliittymässä. Kuvassa pelaajan saamat pelikertakohtaiset pisteet sekä vastausaikojen mediaani tasolla  $n$  (s).

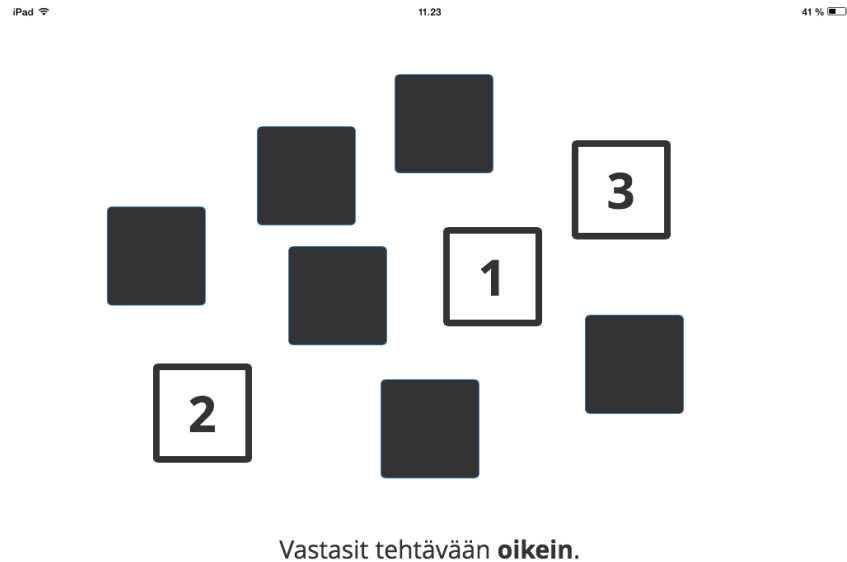
yritysten määrä osoitettiin suoraan ikkuna-aukoista muodostuvan ruudukon yläpuolella sydämellä ja sen sisällä näytetyllä numerolla. Myös pelin ohjaukseen käytettyjen nappien ulkoasu muutettiin. Signaaliväri (punainen ja vihreä) ja vastauksen laatua kuvaavat ikonit (oikein- ja väärinmerkki) osoittautuivat vaikeasti muistettaviksi ja merkitykseltään epäselviksi. Vastausnappien ulkoasua muutettiin siten, että pelaajat saattoivat vastata esitettyyn kysymykseen ”Oliko eläin tässä?” vastausnapeilla, jotka oli merkitty selvillä suomen kielen sanoilla ”Kyllä” ja ”Ei”.

Pelaamisen aloittamisen helpottamiseksi pelin lisättiin vuorovaikutteinen ohjevelho, jonka avulla pelaaja saattoi tutustua pelin, sen käyttöliittymään ja tavoitteeseen. Tutkimusta varten toteutettiin pelistä erillinen datan keräysjärjestelmä, jolla voitiin kerätä pelistä kertyvä data myöhempää analyysiä varten. Pelaamisesta kertyvää dataa hyödynnettiin kuitenkin myös tutkimuksen aikana tarjoamalla pelaajalle sekä avustajalle pääsy pelaajan visualisoituun omadataan ja näin mahdollisuus nähdä pelisuorituksen kehittyminen jo tutkimuksen aikana pelikerta- ja tasokohtaisesti (Kuva 6). Visualisoimalla pelisuorituksen kehittyminen pyrittiin motivoimaan ja kannustamaan pelaajaa pelaamaan ja kehittymään enemmän.

### 7.3.2 Corsin kuutiot -testisovellus

Corsin kuutiot -testistä kehitettiin case-tutkimusta varten iPad-laitteella toimiva versio (Kuva 7), jotta samaa laitteistoa voitiin hyödyntää pelaamisen lisäksi Corsin kuutiot -testin tekemiseen osana case-tutkimuksen esi- ja jälkitestausta. Testisovelluksen suunnittelussa ja toteutuksessa hyödynnettiin työmuistipeliä varten määriteltyjä persoonia ja testisovellus suunniteltiin työmuistipelin primääripersoonan käytettäväksi.

Testisovellus toteutettiin kosketusnäytölliselle iPad-laitteelle (ruutu: 9,7 tuumaa (20 x 15 cm), kuvasuhde 4:3) ja sen elementit kuvattiin 2-ulotteisina. Testisovelluksen lautana toimiva tausta kuvattiin valkoisena taustana ja sen päällä näytettävät kuutiot kuvattiin perustilassa mustina neliöinä, joiden särmien pituus oli 2,3 cm. Kuution aktiivinen tila osoitettiin muuttamalla neliön keskiosa valkoiseksi. Kuutio näytettiin aktiivisessa



**Kuva 7.** Corsin kuutiot -testisovelluksen näkymä 3. tasolla koehenkilön vastattua tehtävään oikein.

tilassa, kun kuutiota osoitettiin sarjan näyttämisen aikana sekä koehenkilön osoittaessa kuutiota sormellaan vastauksen aikana.

Testisovelluksen kuutioiden generointiin käytettiin esimääriteltyjä kuutiojoukkoja (15 kpl), joista jokainen sisälsi 9 kuutiota. Testissä kuutiojoukoista valittiin yksi kuutiojoukko pseudo-satunnaisfunktiolla. Samaa funktiota käytettiin kuutioiden esitysjärjestyksen arpomiseen kuutiojoukon sisällä. Kuutiot generoitiin testilaitteen ruudulle, 15,8 x 10,8 cm (823 x 560 px) kokoiselle alueelle. Kahden kuution keskipisteiden etäisyys toisistaan oli pienimmillään 140 px. Kuutioiden osoitusaika sarjassa oli 1,3 sekuntia, jolloin ne näytettiin aktiivisessa tilassa. Osoitusaikojen välissä pidettiin 1,2 sekunnin tauko ennen seuraavaa osoitusta.

Testisovellus koostui neljästä näkymästä: aloitus-, esittely-, testi- ja lopetusnäkymästä. Aloitusnäkymässä koehenkilölle esiteltiin lyhyesti testi ja sen suorittaminen. Esittelynäkymässä koehenkilölle kuvattiin taso, joka tulisi suorittaa seuraavaksi sekä näytettiin graafisesti, kuinka monta kuutiota tasossa tulisi esittämään. Esittelynäkymässä ohjeistettiin lisäksi koehenkilöä lyhyesti osoittamaan kuutiot samassa järjestyksessä kuin ne hänelle testissä esitettäisiin. Testinäkymässä koehenkilölle näytettiin sarja kuutiota, jotka koehenkilön tuli tämän jälkeen osoittaa samassa järjestyksessä kuin ne oli hänelle näytetty. Testinäkymän alareunassa näytettiin testin eri vaiheissa aina siihen liittyvä ohjeteksti sekä testin jälkeen annettiin palaute siitä, oliko koehenkilö toistanut sarjan oikein vai väärin. Vastauksen jälkeen koehenkilölle myös näytettiin oikea sarja sekä korostettuna koehenkilön vastaukset, jotka olivat eronneet esitetystä sarjasta. Testin aikana esittely- ja testinäkymiä iteroitiin, kunnes koehenkilö epäonnistui toistamaan hänelle näytetyn saman pituisen sarjan kahdesti, jonka jälkeen koehenkilölle näytettiin



lopetusnäkömää. Lopetusnäkömässä koehenkilölle näytettiin testin lopputulos sekä kii-  
tettiin osallistumista testiin.

## 7.4 Tulokset ja niiden tarkastelu

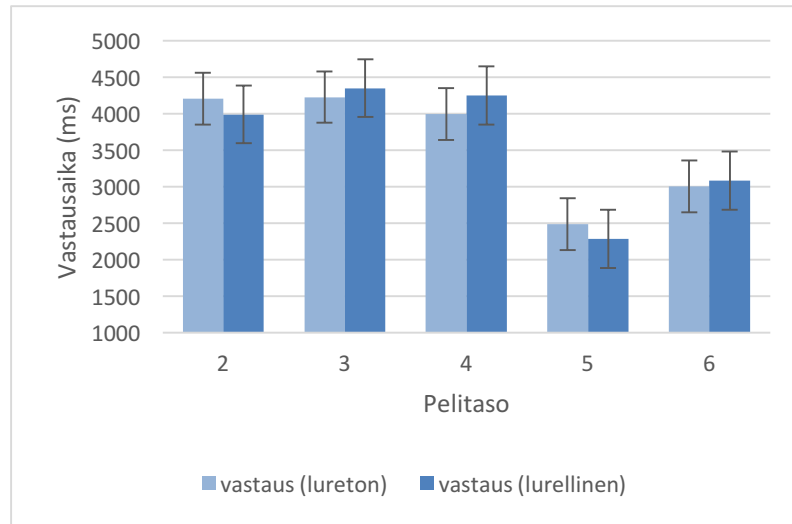
Tutkimuksessa kehitettiin ikäihmisille soveltuva työmuistipeli, joka suunniteltiin ja to-  
teutettiin iteratiivisena prosessina, jossa peli- ja käytettävyydestä sekä kehitysvaiheet  
vuorottelivat. Kehitystyön tuloksena alkuperäinen ADHD-lapsille suunniteltu peli muu-  
tettiin ikäihmisille sopivaksi. Kehitettyä työmuistipeliä käytettiin tutkimuksessa kogni-  
tiivisen intervention harjoitusvälineenä.

Kognitiiviseen interventioon osallistuneiden koehenkilöiden ( $n = 14$ ) kokonaispeliatjat  
vaihtelivat 11-185 minuutin välillä ( $\bar{x} = 47,86$ ,  $Md = 32,50$ ,  $kh = 47,46$ ). Tutkimuk-  
sen peliosuus kesti 164 vuorokautta. Koehenkilöt pelasivat tutkimuksen aikana yhteensä  
76 pelisessiota, joiden keskimääräinen pituus oli reilu 12 minuuttia ( $\bar{x} = 12,53$ ,  
 $Md = 10,32$ ,  $kh = 9,38$ , 95% CI 10,39-14,68).

**Taulukko 1.** Koehenkilöiden ikä, esi- ja jälkitestien tulokset, pelitaso sekä  
kokonaispeliatja.

Koe- henkilö	Ikä	Esitestit		Jälkitestit		Interventio	
		CBT	MMSE	CBT	MMSE	Pelitaso	Peliatja (min)
S1	91	5	28	4	28	2	14
S2	80	4	24	4	24	3	53
S3	79	4	26	5	28	3	18
S4	87	5	21	5	21	2	47
S5	91	5	17	4	14	3	13
S6	75	5	30	5	30	4	121
S7	71	6	28	4	23	3	19
S8	86	4	27	4	30	3	62
S9	85	3	23	3	24	2	49
S10	86	5	25	4	27	3	35
S11	93	5	30	5	30	2	13
S12	85	6	30	5	30	6	185
S13	91	4	27	5	22	3	11
S14	84	3	24	4	24	3	30

Intervention vaikutusta koehenkilöiden muistiin analysoitiin Wilcoxon merkittävien sija-  
lukujen testillä. Wilcoxonin testiä käytettiin, koska otoksen koko oli pieni ( $n = 14$ ) ja  
mitattu data ei noudattanut normaalijakaumaa. Tilastollinen analyysi osoitti, ettei työ-  
muistipeli aikaansaanut tilastollisesti merkittäviä muutoksia Corsin kuutiot -testin tulok-  
seen ( $p = 0,366$ ). Corsin kuutiot -testin mediaanitulos oli esitestissä 5 ja jälkitestissä 4.  
Tilastollinen analyysi osoitti myös, ettei työmuistipeli vaikuttanut tilastollisesti



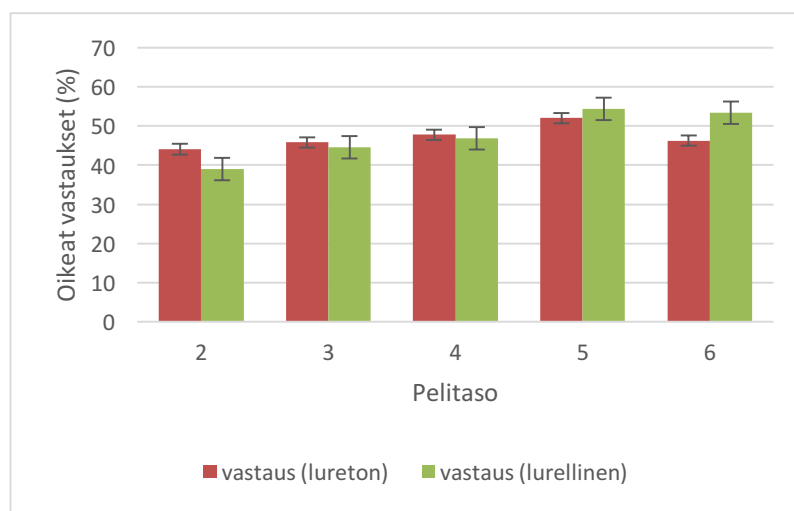
**Kuva 8.** Luren vaikutus vastausaikaan työmuistipelissä. Virhepalkit kuvaavat keskivirhettä.

merkittävästi MMSE-testin tulokseen ( $p = 0,552$ ). MMSE-testin mediaanitulos oli esitestissä 26,50 ja jälkitestissä 25,50.

Koehenkilöt etenivät tutkimuksen aikana pelissä tasoille 2-6. Kun kokonaispeliaikoja ja -tasoja analysoitiin Pearsonin korrelaatiolla, löydettiin vahva positiivinen korrelaatio ( $r_{xy} = 0,83$ ,  $p = 0,0002$ ) peliajan ja pelissä vaikeammalle tasolle etenemisen välillä. CBT-esitestin ja pelissä saavutetun tason välillä korrelaatio oli heikompi eikä tulos ollut tilastollisesti merkitsevä ( $r_{xy} = 0,40$ ,  $p = 0,16$ , 95% CI -0,17-0,77). Korrelaatio kokonaispeliajan ja CBT-testin välillä oli myös heikko ja tilastollisesti ei merkitsevä ( $r_{xy} = 0,31$ ,  $p = 0,27$ , 95 % CI -0,26-0,72) eli menestymisen CBT-esitestissä ei ennustanut koehenkilön pelimääriä eikä pelitasoa, jolle koehenkilö tutkimuksen aikana eteni.

Tutkimusaineistosta tarkasteltiin pelissä esiintyneiden lurejen vaikutusta yksittäisen tehtävän vaikeuteen. Vaikeutta tarkasteltiin vastaus-ajan ja tehtävien oikeinvastausprosenttien avulla. Kirjallisuudessa on esitetty, että luret vaikeuttavat yksittäistä tehtävää lisäämällä värien vastauksien todennäköisyyttä (Jaeggi et al. 2010). Tutkimuksen hypoteesi oli, että lurejen vaikeuttava vaikutus näkyy pidentyneinä vastausaikoina ja pienempänä oikeinvastausprosenttina. Analyysissa huomioitiin kaikki luret kohdealkion ja näytettävän alkion välissä eikä vain n-1 lureja, joiden on osoitettu olevan kaikkein vaikeimpia (Jaeggi et al. 2010). Aineistosta poistettiin ennen analyysiä vastaukset, joiden vastausaika poikkesi merkittävästi aineiston keskimääräisestä saman n-back tason vastausajasta. Tutkimuksen aineistossa lurejen löydettiin pidentävän vastausaikoja tasoilla 3, 4 ja 6, mutta ei tasoilla 2 ja 5 (Kuva 8).

Luret heikensivät oikeinvastausprosenttia verrattuna saman tason lurettomiin vastauksiin tasoilla 2, 3 ja 4 (Kuva 9). Analyysin tulos on yhdenmukainen aiempien tutkimusten kanssa (Gray et al. 2003; Jaeggi et al. 2010). 2-back tasolla lurettoman vastauksen



**Kuva 9.** Luren vaikutus oikeinvastausprosenttiin työmuistipelissä. Virhepalkit kuvaavat keskivirhettä.

pidempi vastausaika yhdistettynä heikompaan oikeinvastausprosenttiin sen sijaan poikesi aiemmasta tutkimuksesta. Lureja tulisi tarkastella vielä suoritettua analyysiä yksityiskohtaisemmalla tasolla, jotta niiden vaikutuksesta saadut tulokset olisivat vertailukelpoisempia aiempien tutkimustulosten kanssa.

Kyselytutkimus suoritettiin tutkimuksen pelijakson päätyttyä lomakekyselynä koeryhmälle. Kyselytutkimus sisälsi avoimia sekä 5-portaisia suljettuja kysymyksiä (Taulukko 2). Työmuistipelin visuaalinen ilme ( $ka = 4,42$ ,  $kh = 0,64$ , 95% CI 4,01-4,82), auditiivinen komponentti ( $ka = 4,25$ ,  $kh = 0,60$ , 95% CI 3,87-4,63) sekä pelin tarjoama palaute ( $ka = 4,08$ ,  $kh = 1,04$ , 95% CI 3,42-4,74) koettiin koehenkilöiden toimesta hyviksi. Kyselytutkimuksen perusteella koehenkilöillä oli selkeitä ongelmia pelilogiikan opittavuudessa sekä muistettavuudessa. Koehenkilöt kokivat avoimissa kysymyksissä pelilogiikan vaikeaksi ymmärtää ja muistaa pelin ylemmillä tasoilla. Suljetuissa kysymyksissä he kokivat pelin vaatimustason valinnan muuta vuorovaikutusta vaikeammaksi ( $ka = 2,83$ ,  $kh = 0,99$ , 95% CI 2,21-3,46) ja pelissä kehittymisen heikoksi ( $ka = 2,58$ ,  $kh = 0,95$ , 95% CI 1,98-3,19). Ongelmat pelilogiikan ymmärtämisessä ja muistamisessa alkoivat koehenkilöillä erityisesti pelin 3. tasolla.

Koehenkilöt eivät kokeneet pelin kehittäneen muistia ( $ka = 3,08$ ,  $kh = 0,66$ , 95% CI 2,42-3,74), keskittymiskykyä ( $ka = 2,58$ ,  $kh = 0,64$ , 95% CI 2,18-2,99) tai reaktioaikoja ( $ka = 2,50$ ,  $kh = 0,76$ , 95% CI 2,01-2,99). Ottaen huomioon pelaamisen määrän vähäisyyden tutkimusjakson aikana, tulos on aivan odotettu. Palvelukeskuksen henkilökunta raportoi tutkimuspalavereissa pelin lisänneen sosiaalista vuorovaikutusta, mutta vuorovaikutuksen lisääntyminen näyttäisi rajoittuneen koehenkilöiden ja henkilökunnan väliseen vuorovaikutukseen ( $ka = 4,42$ ,  $kh = 0,49$ , 95% CI 4,10-4,73). Koehenkilöiden raportoima vuorovaikutus muiden palvelukeskuksen asiakkaiden kanssa sen sijaan ei lisääntynyt ( $ka = 1,75$ ,  $kh = 1,01$ , 95% CI 1,11-2,39).

**Taulukko 2.** Koehenkilöiden vastaukset suljettuihin kysymyksiin ( $n = 12$ ).

Kysymys	Keskiarvo	Keskihajonta
Muistipelin sopivuus itselle	3,33	1,03
Tabletin käyttäminen	2,75	1,01
Muistipelin käyttäminen	3,25	0,92
Pelin toimivuus	3,33	0,85
Pelin visuaalinen selkeys	4,42	0,64
Pelin antaman palautteen selkeys	4,08	1,04
Pelin äänet	4,25	0,60
Pelin vaatimustason valitseminen	2,83	0,99
Pelitaitojen kehittyminen	2,58	0,95
Muistin kehittyminen	3,08	1,04
Pelaamisen mielekkyys muistin ylläpitämisessä	3,58	0,95
Vuorovaikutuksen lisääntyminen muiden pelaajien kanssa	1,75	1,01
Keskittymiskyvyn kehittyminen	2,58	0,64
Reagointikyvyn kehittyminen	2,50	0,76
Yhteistyön kehittyminen henkilökunnan kanssa	4,42	0,49
Teknologisten taitojen kehittyminen	3,08	1,04

## 8. PÄÄTELMÄT

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää mahdollisuuksia kehittää tabletilla pelattavia pelejä ikäihmisille. Samalla on tarkoitus tutkia ikääntymisen tuomia vaatimuksia pelisuunnittelulle sekä tutkia kehittävän työmuistipelin soveltuvuutta ikäihmisille sekä heidän suhtautumistaan peliin. Lisäksi tutkimuksessa oli tavoitteena tutkia, voidaanko työmuistipelillä ylläpitää tai mahdollisesti jopa kehittää ikääntyneiden ihmisten kognitiota ja erityisesti työmuistia.

Kirjallisuusosuudessa selvitettiin kognitiivisten kykyjen merkitystä, niiden heikentymistä ikääntyessä sekä miten kognitiivinen ikääntyminen etenee tyypillisesti lievästi kognitiivisesta heikentymisestä kohti dementiaa. Erityisesti kognitiivisista kyvyistä tarkasteltiin työmuistia sekä siihen läheisesti liittyvää joustavaa älykkyyttä. Tutkimuksessa selvitettiin myös tekijöitä, jotka osaltaan, joko suojaavat tai altistavat kognitiiviselle heikentymiselle sekä perehdyttiin erilaisiin interventiomenetelmiin, joilla voidaan vaikuttaa kognitiivisten kykyjen säilymiseen ikääntyessä ja mahdollisesti suojautua eteneviltä muistisairauksilta.

Tutkimuksen case-tapausta varten kirjallisuuskatsauksessa perehdyttiin työmuistitesteihin, joita tarkasteltiin paitsi teoreettisesti tutkimusvälineenä myös kognitiivisen interventiotutkimuksen toteuttamisen näkökulmasta. Pelikehitystä varten perehdyttiin myös yleiseen käytettävyyteen ikäihmisten kannalta sekä tutkimusvälineen pelillistämiseen ja pelisuunnitteluun. Tutkimus täytti vain osittain sille asetetut tavoitteet. Kirjallisuuskatsaus osoitti, että kognitiivisiin kykyihin on mahdollista vaikuttaa interventioilla ja että ikäihmisille suunnitelluissa digitaalisilla peleillä on merkittävä potentiaali sekä kaupallisina tuotteina, että mahdollisina interventiovälineinä. Puutteet tutkimuksen toteutuksessa ja ongelmat pelin pelattavuudessa yhdessä vähäisen peliajan ja otoksen pienen koon kanssa heikensivät kuitenkin tutkimuksessa toteutetun intervention tulosten mitattavuutta sekä luotettavuutta.

Tutkimuksessa kehitetty työmuistipeli sai case-tutkimuksessa positiivisen vastaanoton. Maalaismaisemaan sijoitettu pelimaailma oli pidetty ja pelin yleinen käytettävyys ja vuorovaikutus sovelluksena osoittautui toimivaksi. Samoin iPad-laite pelialustana osoittautui tutkimuksessa ikäihmisille sopivaksi pelialustaksi. Ilmeiset ongelmat pelilogiikan ymmärrettävyydessä ja uudelleen opittavuudessa osoittautuivat kuitenkin selväksi ongelmaksi erityisesti pelin kolmannelta tasolta eteenpäin. Tähän voi olla useita vaikuttavia tekijöitä kuten koeryhmän kognitiivinen kunto, pelikertojen harvalukuisuus tai pelin pohjana olevan spatiaalisen n-back-testin haastavuus. Pelin uudelleen opittavuus osoittautui tutkimuksessa siinä määrin ongelmalliseksi, että muutoksia pelin toteutukseen

tulisi harkita pelilogiikan omaksuttavuuden ja pelin pelattavuuden parantamiseksi. Työmuistipelin toteutuksessa jätettiin lisäksi huomioimatta ikäihmisille tutkimuksen kirjallisen osuuden perusteella keskeinen sosiaalinen puoli sekä kognition kehittämisen kannalta tärkeä adaptiivisuus.

Työmuistipeliä voisi tulevaisuudessa kehittää paremmin kohderyhmälleen sopivaksi ja mahdollisesti kehittävämmäksi hyödyntämällä paremmin kirjallisuusosuudessa osoitettuja tekijöitä. Pelikokemuksen ja pelilogiikan ymmärrettävyyden parantamiseksi voisi harkita haastavaksi koetun spatiaalisen n-back-version kehittämistä selkeämmäksi tai korvaamista kokonaan joko verbaalisella tai visuaalisella n-back-versiolla, joiden omaksuminen olisi helpompaa, mutta vaikutusmekanismi kognitioon olisi kuitenkin samankaltainen (Jaeggi et al. 2013).

Kirjallisuusosuuden tutkimuksissa suositeltiin yleisesti adaptiivisuuden toteuttamista kognition kehittämiseen pyrkivään harjoitusvälineeseen. Tutkimuksessa käytettyyn työmuistipeliin adaptiivisuutta ei kuitenkaan toteutettu vaan pelaajalla oli mahdollisuus valita kuudesta eri tasosta itselleen miellyttävin. Peli ei myöskään mukautunut tasojen sisällä pelaajan suoriin. Adaptiivisuuden toteuttamisella olisi mahdollista saada pelaaja pelaamaan juuri osaamiselleen sopivalla vaikeustasolla, lähellä potentiaalista flow-alueettaan, jolloin pelikokemus sekä kognitiivinen kehittyminen olisivat lähellä optimia. Adaptiivisuus olisi mahdollisesti vähentänyt myös henkilökunnan opastuksen tarvetta sekä tukenut riittävän peliajan saavuttamista, kun peli-istunnot ei olisi keskeytyneet väriin vastauksiin. Adaptiivisuus olisi mahdollista toteuttaa esimerkiksi hyödyntämällä Jaeggi et al. (2008) ja Sprenger et al. (2013) tutkimuksia. Jaeggi et al. (2008) toteuttivat alkuperäisessä tutkimuksessaan adaptiivisuuden laskemalla edellisten vastausten otoksen oikein- ja väärinvastausosuuksia ja sopeuttamalla näiden perusteella pelin vaikeustasoa pelaajan suoriin. Vaikeustasoja olisi mahdollista jakaa vielä tarkemmin ja hienojakoisemmin huomioimalla lurejen vaikutus pelin vaikeustasoon ja integroimalla ne osaksi adaptiivista toteutusta (Sprenger et al. 2013).

Työmuistipeliin kannattaisi kirjallisuusosuuden perusteella lisätä myös sosiaalinen komponentti, jolla on osoitettu olevan tärkeä merkitys ikääntyneiden teknologian omaksumisessa, käytössä ja pelaamisessa. Sosiaalisuutta olisi mahdollisuus lisätä peliin usealla tavalla alkaen yksinkertaisista pelaamiseen liittyvistä kunniataulukkoista, jotka voisivat kannustaa keskusteluun pelin ympärillä sekä ruokkia positiivista kilpailuhenkeä vertaisryhmän sisällä. Työmuistipelistä voisi myös kehittää erilaisia pelimuotoja, joissa pelaajat voisivat kilpailla tehtävien suorituksessa yhdessä ryhmänä tai toisiaan vastaan. Tätä tukemaan voisi järjestää lisäksi pelinäköymän jakamisen toimintakeskuksen televisioruudulle, jolloin pelaajilla olisi ryhmänä parempi mahdollisuus seurata ja kommentoida peliä ja sen etenemistä.

Tutkimuksen suunnittelun ja toteutuksen puutteet heikensivät merkittävästi tutkimuksen laatua, tuloksia sekä niiden reliabiliteettia. Tutkimuksen testaussuunnitelman heikkou-

det johtivat esi- ja jälkitestien osalta liian suppean testipatterin käyttämiseen sekä osin tehtyjen mittausten epäluotettavuuteen. Tutkimuksen case-tapauksen harjoitusohjelman suunnittelemattomuus, mahdollisten pelikertojen vähyys ja liian pieniksi jääneet peliajat eivät käytännössä mahdollistaneet mitattavien muutosten kehittymistä koehenkilöillä tutkimuksen aikana. Lisäksi tutkimuksen teettäneen yliopiston tiedekunnan aktiiviset toimet tutkimuksen aikana haittasivat merkittävästi tutkimuksen kirjallisuusosuuden suunnitelmallista ja tarkoituksenmukaista toteuttamista.

Tutkimuksen case-osuuden harjoitusmäärät jäivät selvästi niistä harjoitusmääristä, joilla kirjallisuuden perusteella voisi odottaa olevan vaikutusta koehenkilöiden kognitioon. Työmuistipeliin tutkimuksen aikana toteutetut muutokset, jotka tähtäsivät peliaikojen nostamiseen kesken intervention, eivät onnistuneet vaikuttamaan peliaikoihin merkittävästi. Tutkimussuunnitelmassa olisi tullut laatia palvelukeskuksen päiväohjelmaan integroitu ja koeryhmälle pakollinen harjoitusohjelma, joka olisi varmistanut tutkimuksen kannalta riittävän peliajan toteutumisen.

Tutkimuksen kirjallisuusosuuden perusteella tutkimuksen esi- ja jälkitestien toteuttaminen ainoastaan Corsin kuutiot ja MMSE-testeillä oli selvästi suppeampi kuin kirjallisuudessa tyypillisesti käytetyt testipatterit. Lisäksi testien hallinnointi ja tutkimukseen toteutettu Corsin kuutiot -testisovellus sisälsi merkittäviä puutteita, jotka kyseenalaistavat mittausten reliabiliteetin. Testien hallinnointia ei ollut tutkimussuunnitelmassa suunniteltu eikä ohjeistettu. Tutkimuksessa on aiemmin osoitettu, miten esimerkiksi vuorokauden aika, harjoitusvaikutus ja eteenpäin suuntautuva häiriö vaikuttavat testitulokseen. Kuitenkin testien testausaikaa vuorokaudesta eikä testin suorituskäytäntöä ollut vakioitu.

Tutkimuksessa käytetty Corsin kuutiot -testisovellus oli lisäksi toteutettu tavalla, joka oli omiaan lisäämään testitulosten satunnaisuutta. Tutkimuksessa on aiemmin osoitettu kuutioiden sijainnin ja niistä muodostuvien mentaalisten polkujen merkitys testin vaikeustasoon. Käytetyssä testisovelluksessa kuutioiden sijainnit sekä osoitussarjoista muodostuvat polut kuitenkin arvottiin pseudo-satunnaisesti, jolloin testit eivät olleet yhtenäiset edes testiryhmän sisällä. Lisäksi koehenkilöiden annettiin tutustua testiin käyttämällä testisovellusta ennen testin suoritusta. Tutustumisen laatua tai määrää ei dokumentoitu, joten on mahdollista, että myös tämä on vaikuttanut testituloksiin. Corsin kuutiot -testistä suoritettiin ainoastaan eteenpäin suoritettava versio, joka toimii kirjallisuuden perusteella ainoastaan lyhytkestoisen visuaalis-spatiaalisen muistin mittarina. Suorittamalla testi myös käännetyssä järjestyksessä olisi mittaus voitu kohdistaa tarkemmin työmuistikapasiteettiin.

Esi- ja jälkitestien luotettavuutta olisi case-tapauksessa voinut parantaa suorittamalla kaikki testit aamupäivällä, yhden koulutetun henkilön valvonnassa, jolloin testitilanteet olisivat pysyneet koeryhmän sisällä vakioina ja ajankohta olisi ollut ikäihmisten vuorokausirytmien mukainen. Lisäksi testisovellus olisi pitänyt vakioida poistamalla satunnai-

suus kuutioiden sijainnista sekä polun generoinnista. Testisovelluksessa olisi lisäksi ollut hyödyllistä käyttää esimerkiksi Corsin (1972) alkuperäisessä tutkimuksessaan käyttämää kuutioiden asettelua, jolloin testin tulokset olisivat olleet paremmin vertailukelpoisia aiempien tutkimusten kanssa, vaikka vertailtavuus ei varsinaisesti ollutkaan tutkimuksen tavoitteena. Lisäksi testin vastausaikojen tallentaminen olisi voinut tarjota mielenkiintoista lisäinformaatiota ja sen toteuttaminen testisovellukseen olisi ollut yksinkertaista. Tutkimuksen testipatteria olisi voinut täydentää mittausten kattavuuden ja luotettavuuden parantamiseksi kirjallisuusosuudessa esitellyillä, kognition eri osalualueita mittaavilla testeillä, kuten joustavaa älykkyyttä mittaavalla matriisitehtävällä, työmuistia mittaavalla moniosaisella jännetehtävällä sekä reaktioaikoja ja tarkkaavaisuutta mittaavilla testeillä. Työmuistipelin osalta olisi voinut lisäksi olla mielenkiintoista tutkia pelin mahdollisesti aikaansaamaa flow-tilaa esimerkiksi DFS-2 tai Flow Short Scale -testillä. Flow-mittarin tuloksia olisi voinut verrata myös pelaamiseen käytettyyn aikaan ja pelissä etenemiseen sekä mahdollisiin muutoksiin kognitiossa.

Tutkimuksen kirjallisuusosion toteutusta haittasi tutkimuksen tilanteen yliopiston tiedekunnan aktiiviset toimet tutkimuksen kirjallisuusosuuden alkaessa. Pääsyn epääminen keskeisiin julkaisutietokantoihin sekä oikeuden poistaminen tutkimuksen ohjaukseen pakotti toteuttamaan tutkimuksen kirjallisuusosuuden tavalla, joka oli omiaan heikentämään tutkimuksen laatua sekä pidentämään sen lopullista aikataulua. Tutkimuksen kirjallisen osan ja koko tutkimuksen laatua olisi voinut parantaa laatimalla perusteellinen tutkimusta ohjaava tutkimussuunnitelma sekä mahdollistamalla tutkimuksen vaatimien resurssien käyttäminen tutkimuksen aikana. Lisäksi tutkimuksen kirjallisuuskatsaus olisi tullut toteuttaa pääosin ennen case-tutkimusta, mutta tutkimuksessa mukana olleen LIVING LAB -hankkeen aikataulu ei tätä mahdollistanut.

Tutkimukselliselta kannalta voisi olla mielenkiintoista tutkia jatkossa flow-kokemuksen vaikutusta kognitiivisen intervention tehokkuudelle. Tutkimuksessa voisi tutkia flow-tilan aikaan saavan työmuistipelin vaikutusta vertaamalla sitä tavanomaisella työmuistiharjoituksella harjoittelevaan kontrolliryhmään. Flow-tilan mittaamista voisi hyödyntää myös työmuistipelin jatkokehityksessä kehitettäessä flow-tilan saavuttamisen kannalta optimaalista versiota pelistä.

Toinen tutkimuksellisesti kiinnostava tutkimushaara voisi olla fyysisen harjoituselementin lisääminen harjoitusohjelmaan. Tutkimuksen kirjallisuusosuudessa on osoitettu selvästi jo kevyen liikunnan aikaansaavan positiivisia muutoksia neurologisesti sekä kognitiivisesti. Lisäämällä liikunnallinen komponentti kognitiivisen komponentin rinnalle olisi mahdollista voimistaa kognitiivisen komponentin vaikutusta pelaajan kognitiolle. Tutkimuksessa voisi harjoitusohjelmaan lisätä 30-60 minuuttia kevyttä liikuntaa ennen työmuistiharjoituksen tekemistä ja verrata sitä liikkumattomaan kontrolliryhmään. Toinen vaihtoehto voisi olla liittää liikunnallinen elementti pelin ohjaukseen tai integroida se osaksi pelin tarinankerrontaa pelin eri vaiheiden yhteydessä suoritettavina liikunnallisina tehtävinä.



Tutkimuksellisesti kiinnostava vaihtoehto olisi myös jatkaa tutkimusta hyödyntämällä esimerkiksi Karpova et al. (2011) sekä Castrénin ja Henin (2013) tutkimuksia, jotka ovat osoittaneet, että moderneilla masennuslääkkeillä (fluoxetine) voidaan aikaan saada aivoihin tyypillisesti vain lapsilla esiintyvä herkkyyskausi, jolloin aivojen muokkautuvuus on poikkeuksellisella tasolla ja uusia hermosoluyhteyksiä syntyy tavallista tehokkaammin aivoja stimuloitaessa. Tutkimusten tuloksia voisi hyödyntää kognitiivisissa interventioissa niin tavallisesti ikääntyneillä kuin MCI-oireyhtymästä ja etenevästä muistisairaudesta kärsivillä. Tutkimuksen kirjallisuusosuudessa on osoitettu, että MCI-oireyhtymästä kärsivillä aivot ovat tavallisia aivoja vähemmän herkkiä positiivisille muutoksille, mutta yhdistämällä kognitiivinen interventio muokkautuvuutta lisäävään lääkitykseen positiivisten muutosten aikaansaaminen oli mahdollisesti todennäköisempää.

Tutkimuksessa on osoitettu, että digitaalisilla peleillä on runsaasti potentiaalia ikääntyvän väestön viihde- sekä hyötykäytössä. Huolimatta siitä, että tehdyssä case-tutkimuksessa ei pystytty vahvistamaan aiemmissa tutkimuksissa esitettyjä väitteitä, on digitaalisilla peleillä luultavasti mahdollista vaikuttaa ikäihmisten fyysiseen ja henkiseen hyvinvointiin. Digitaalisia pelejä voitaisiin hyödyntää tämän lisäksi myös esimerkiksi omadatan lähteenä terveydenhuollossa.

Kognitiivisesta terveydestä huolehtiminen on osa kokonaisvaltaista terveydestä huolehtimista. Tutkitun tiedon valossa digitaaliset pelit toimivat luultavasti parhaiten juuri täydentävänä osana kokonaisvaltaista terveydestä huolehtimista, jossa avainasemassa ovat terveellinen ruokavalio, kroonisten sairauksien huolellinen hoito, mieltä ja kehoa aktivoivat harrastukset sekä aktiivinen sosiaalinen elämä. *Mens sana in corpore sano*

## LÄHTEET

Abbott, A. 2015. Autopsies reveal signs of Alzheimer's in growth-hormone patients. *Nature*. Vol. 525:7568. S. 165-166.

Abbott, A. 2016. More evidence emerges for 'transmissible Alzheimer's' theory. *Nature News* [WWW]. [viitattu 2.2.2016]. Saatavissa: [http://www.nature.com/polopoly\\_fs/1.18331!/menu/main/topColumns/topLeftColumn/pdf/525165a.pdf](http://www.nature.com/polopoly_fs/1.18331!/menu/main/topColumns/topLeftColumn/pdf/525165a.pdf).

Ackerman, P. L., Beier, M. E. & Boyle, M. O. 2005. Working memory and intelligence: The same or different constructs?. *Psychological Bulletin*. Vol. 131:1. S. 30-60.

Ackerman, P. L., Kanfer, R. & Calderwood, C. 2010. Use it or lose it? Wii brain exercise practice and reading for domain knowledge. *Psychology and Aging*. Vol. 25:4. S. 753-766.

Adlard, P. A., Perreau, V. M., Pop, V. & Cotman, C. W. 2005. Voluntary exercise decreases amyloid load in a transgenic model of Alzheimer's disease. *The Journal of Neuroscience*. Vol. 25:17. S. 4217-4221.

Adlard, P. A., Perreau, V. M. & Cotman, C. W. 2005b. The exercise-induced expression of BDNF within the hippocampus varies across life-span. *Neurobiology of aging*, Vol. 26:4. S. 511-520.

Albert, S. M., Glied, S., Andrews, H., Stern, Y. & Mayeux, R. 2002. Primary care expenditures before the onset of Alzheimer's disease. *Neurology*. Vol. 59:4. S. 573-578.

Alescio-Lautier, B., Michel, B. F., Herrera, C., Elahmadi, A., Chambon, C., Touzet, C. & Paban, V. 2007. Visual and visuospatial short-term memory in mild cognitive impairment and Alzheimer disease: role of attention. *Neuropsychology*. Vol. 45:8. S. 1948-1960.

Alloway, T. P., Gathercole, S. E. & Pickering, S. J. 2006. Verbal and Visuospatial Short-Term and Working Memory in Children: Are They Separable?. *Child development*. Vol. 77:6. S. 1698-1716.

Alzheimer's Association. 2013. Alzheimer's Disease Facts and Figures. *Alzheimer's & Dementia*. Vol. 9:2.

Amieva, H., Letenneur, L., Dartigues, J. F., Rouch-Leroyer, I., Sourgen, C., D'Alché-Birée, F., Dib, M., Barberger-Gateau, P., Orgogozo, J-M. & Fabrigoule C. 2004. Annual rate and predictors of conversion to dementia in subjects presenting mild cognitive impairment criteria defined according to a population-based study. *Dementia and Geriatric Cognitive Disorders*. Vol. 18:1. S. 87-93.

- Anguera, J. A., Boccanfuso, J., Rintoul, J. L., Al-Hashimi, O., Faraji, F., Janowich, J., Kong, E., Larraburo, Y., Rolle, C., Johnston, E. & Gazzaley, A. 2013. Video game training enhances cognitive control in older adults. *Nature*. Vol. 501:7465. S. 97-101.
- Atkinson, R. C. & Shiffrin, R. M. 1968. Human memory: A proposed system and its control processes. Teoksessa: K. W. Spence & J. T. Spence (toim.), *The psychology of learning and motivation: Advances in research and theory* 2. New York: Academic Press. S. 89-195.
- Au, J., Sheehan, E., Tsai, N., Duncan, G. J., Buschkuhl, M. & Jaeggi, S. M. 2015. Improving fluid intelligence with training on working memory: a meta-analysis. *Psychonomic Bulletin & Review*. Vol. 22:2. S. 366-377.
- Baddeley, A. D. 1986. *Working memory*. Oxford: Oxford University Press.
- Baddeley, A. D. 1992. Working memory. *Science*. Vol. 255:5044. S. 556-559.
- Baddeley, A. D. 2000. The episodic buffer: A new component of working memory?. *Trends in Cognitive Sciences*. Vol. 4:11. S. 417-423.
- Baddeley, A. D. & Hitch, G. J. 1974. Working memory. Teoksessa: G. H. Bower (toim.), *The psychology of learning and motivation*. New York: Academic Press. S. 47-90.
- Ball, L. J. & Birge, S. J. 2002. Prevention of brain aging and dementia. *Clinics in Geriatric Medicine*. Vol. 18:3. S. 485-503.
- Baltes, P. B., Staudinger, U. M. & Lindenberger, U. 1999. Lifespan Psychology: Theory and application to intellectual functioning. Teoksessa: *Annual Review of Psychology*. Annual Reviews. S. 471-507.
- Barkley, R. A. 1997. Behavioral inhibition, sustained attention, and executive functions: constructing a unifying theory of ADHD. *Psychological Bulletin*. Vol. 121:1. S. 65-94.
- Barnes, D. E., Yaffe, K., Belfor, N., Jagust, W. J., DeCarli, C., Reed, B. R. & Kramer, J. H. 2009. Computer-based cognitive training for mild cognitive impairment: results from a pilot randomized, controlled trial. *Alzheimer disease and associated disorders*. Vol. 23:3. S. 205-210.
- Barrett, L. F., Tugade, M. M. & Engle, R. W. 2004. Individual differences in working memory capacity and dual-process theories of the mind. *Psychological Bulletin*. Vol. 130:4. S. 553-573.

- Batterham, P. J., Christensen, H. & Mackinnon, A. J. 2009. Fluid intelligence is independently associated with all-cause mortality over 17 years in an elderly community sample: An investigation of potential mechanisms. *Intelligence*. Vol. 37:6. S. 551-560.
- Belleville, S., Clément, F., Mellah, S., Gilbert, B., Fontaine, F. & Gauthier, S. 2011. Training-related brain plasticity in subjects at risk of developing Alzheimer's disease. *Brain*. Vol. 134:6. S. 1623-1634.
- Berch, D. B., Krikorian, R. & Huha, E. M. 1998. The Corsi block-tapping task: Methodological and theoretical considerations. *Brain and Cognition*. Vol. 38:3. S. 317-338.
- Blair, C. 2006. How similar are fluid cognition and general intelligence? A developmental neuroscience perspective on fluid cognition as an aspect of human cognitive ability. *Behavioral and Brain Sciences*. Vol. 29:2. S. 109-125.
- Bound, J., Geronimus, A. T., Rodriguez, J. M. & Waidmann, T. A. 2015. Measuring Recent Apparent Declines In Longevity: The Role Of Increasing Educational Attainment. *Health Affairs*. Vol. 34:12. S. 2167-2173.
- Brigman, S. & Cherry, K. E. 2002. Age and skilled performance: Contributions of working memory and processing speed. *Brain and Cognition*. Vol. 50:2. S. 242-256.
- Briones, T. L. 2006. Environment, physical activity, and neurogenesis: implications for prevention and treatment of Alzheimer's disease. *Current Alzheimer Research*. Vol. 3:1. S. 49-54.
- Bruyer, R. & Scailquin, J. C. 1999. Assessment of visuo-spatial short-term memory and effect of aging. *European Review of Applied Psychology*. Vol. 49. S. 175-180.
- Buckner, R. L. 2004. Memory and executive function in aging and AD: multiple factors that cause decline and reserve factors that compensate. *Neuron*. Vol. 44:1. S. 195-208.
- Bühner, M., König, C. J., Pick, M. & Krumm, S. 2006. Working memory dimensions as differential predictors of the speed and error aspect of multitasking performance. *Human Performance*. Vol. 19:3. S. 253-275.
- Capitani, E., Laiacona, M. & Ciceri, E. 1991. Gruppo Italiano per lo Studio Neuropsicologico dell'Invecchiamento. Sex differences in spatial memory: a reanalysis of block tapping long-term memory according to the short-term memory level. *It J Neurol Sci*. Vol. 12. S. 461-466.
- Carpenter, P. A., Just, M. A. & Shell, P. 1990. What one intelligence test measures: a theoretical account of the processing in the Raven Progressive Matrices Test. *Psychological review*. Vol. 97:3. S. 404-431.

Carroll, J. M. 2000. Making use: Scenario-based design of human-computer interactions. Cambridge, Massachusetts: MIT Press.

Carter, C. S., Perlstein, W., Ganguli, R., Brar, J., Mintun, M. & Cohen, J. D. 1998. Functional hypofrontality and working memory dysfunction in schizophrenia. *American Journal of Psychiatry*. Vol. 155:9. S. 1285-1287.

Castrén, E. & Hen, R. 2013. Neuronal plasticity and antidepressant actions. *Trends in Neurosciences*. Vol. 36:5. S. 259-267.

Cattell, R. B. 1963. Theory of fluid and crystallized intelligence: A critical experiment. *Journal of Educational Psychology*. Vol. 54:1. S. 1-22.

Cavaco, S., Anderson, S. W., Allen, J. S., Castro-Caldas, A. & Damasio, H. 2004. The scope of preserved procedural memory in amnesia. *Brain*. Vol. 127:8. S. 1853-1867.

Chein, J. M. & Morrison, A. B. 2010. Expanding the mind's workspace: Training and transfer effects with a complex working memory span task. *Psychonomic Bulletin & Review*. Vol. 17:2. S. 193-199.

Cipriani, G., Bianchetti, A. & Trabucchi, M. 2006. Outcomes of a computer-based cognitive rehabilitation program on Alzheimer's disease patients compared with those on patients affected by mild cognitive impairment. *Archives of Gerontology and Geriatrics*. Vol. 43:3. S. 327-335.

Clare, L., Woods, R. T., Moniz Cook, E. D., Orrell, M. & Spector, A. 2003. Cognitive rehabilitation and cognitive training for early-stage Alzheimer's disease and vascular dementia. *Cochrane Database Syst Rev*. Vol. 4.

Cogmed 2015. Benefits [WWW]. [viitattu 2.12.2015]. Saatavissa: <http://www.cogmed.com/benefits>.

Colflesh, G. J. & Conway, A. R. 2007. Individual differences in working memory capacity and divided attention in dichotic listening. *Psychonomic Bulletin & Review*. Vol. 14:4. S. 699-703.

Collette, F. & Van der Linden, M. 2002. Brain imaging of the central executive component of working memory. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*. Vol. 26:2. S. 105-125.

Colcombe, S. J., Erickson, K. I., Scalf, P. E., Kim, J. S., Prakash, R., McAuley, E., Elavsky, S., Marquez, D. X., Hu, L. & Kramer, A. F. 2006. Aerobic exercise training increases brain volume in aging humans. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*. Vol. 61:11. S. 1166-1170.

Cooper, A. 1999. *The Inmates Are Running the Asylum: Why High Tech Products Drive Us Crazy and How to Restore the Sanity*. Indianapolis: Sams.

Cooper, A., Reimann, R. & Cronin, D. 2007. *About Face: The Essentials of Interaction Design 3*. Indianapolis: Wiley Publishing, Inc.

Cornoldi, C. & Vecchi, T. 2003. *Visuo-spatial working memory and individual differences*. Howe: Psychological Press.

Corsi, P. M. 1972. *Human memory and the medial temporal region of the brain*. Doctoral dissertation. McGill University. Montreal, Canada.

Cotman, C. W. & Berchtold, N. C. 2007. Physical activity and the maintenance of cognition: learning from animal models. *Alzheimer's & Dementia*. Vol. 3:2. S. 30-37.

Cotman, C. W., Berchtold, N. C. & Christie, L. A. 2007. Exercise builds brain health: key roles of growth factor cascades and inflammation. *Trends in Neurosciences*. Vol. 30:9. S. 464-472.

Coubard, O. A., Ferrufino, L., Boura, M., Gripon, A., Renaud, M. & Bherer, L. 2011. Attentional control in normal aging and Alzheimer's disease. *Neuropsychology*. Vol. 25:3. S. 353-367.

Cowan, N. 2001. Metatheory of storage capacity limits. *Behavioral and Brain Sciences*. Vol. 24:1. S. 154-176.

Cowan, N. 2010. The magical mystery four how is working memory capacity limited, and why?. *Current directions in Psychological Science*. Vol. 19:1. S. 51-57.

Cowan, N., Elliott, E. M., Saults, J. S., Morey, C. C., Mattox, S., Hismjatullina, A. & Conway, A. R. 2005. On the capacity of attention: Its estimation and its role in working memory and cognitive aptitudes. *Cognitive Psychology*. Vol. 51:1. S. 42-100.

Csikszentmihalyi, M. 1990. *Flow: The Psychology of Optimal Experience*. New York: Harper & Rowe.

Csikszentmihalyi, M. 2000. *Beyond boredom and anxiety*. Jossey-Bass.

Czaja, S. J., Charness, N., Fisk, A. D., Hertzog, C., Nair, S. N., Rogers, W. A. & Sharit, J. 2006. Factors predicting the use of technology: findings from the Center for Research and Education on Aging and Technology Enhancement (CREATE). *Psychology and aging*. Vol. 21:2. S. 333-352.

Czaja S. J. & Lee C. C. 2008. *Information Technology and Older Adults*. Teoksessa: *The Human Computer Interaction Handbook*, A. Sears and J. A. Jacko, (toim.), New York, New York, USA: Lawrence Erlbaum Associates.

- Dahlin, E., Stigsdotter Neely, A. S., Larsson, A., Bäckman, L. & Nyberg, L. 2008. Transfer of learning after updating training mediated by the striatum. *Science*. Vol. 320:5882. S. 1510-1512.
- Darowski, E. S., Helder, E., Zacks, R. T., Hasher, L. & Hambrick, D. Z. 2008. Age-related differences in cognition: the role of distraction control. *Neuropsychology*. Vol. 22:5. S. 638-644.
- Dartigues, J. F., Carcaillon, L., Helmer, C., Lechevallier, N., Lafuma, A. & Khoshnood, B. 2007. Vasodilators and nootropics as predictors of dementia and mortality in the PAQUID cohort. *Journal of the American Geriatrics Society*. Vol. 55:3. S. 395-399.
- Charness, N., Bosman, E. A. & Elliott, R. G. 1995. Senior-friendly input devices: Is the pen mightier than the mouse. Teoksessa: *Proceedings of the 103rd Annual Convention of the American Psychological Association*. Washington, DC: American Psychological Association. S. 495-551.
- Davis, H. P., Klebe, K. J., Guinther, P. M., Schroder, K. B., Cornwell, R. E. & James, L. E. 2013. Subjective organization, verbal learning, and forgetting across the life span: from 5 to 89. *Experimental Aging Research*. Vol. 39:1. S. 1-26.
- Day E. Guardian. Online brain-training: does it really work? 21.4.2013 [WWW]. [viitattu 19.11.2015]. Saatavissa: <http://www.theguardian.com/science/2013/apr/21/brain-training-online-neuroscience-elizabeth-day>.
- de Abreu, P. M. E., Conway, A. R. & Gathercole, S. E. 2010. Working memory and fluid intelligence in young children. *Intelligence*. Vol. 38:6. S. 552-561.
- De Schutter, B. & Vanden Abeele, V. 2008. Meaningful Play in Elderly Life. *Proceedings of ICA 2008, Communication for social impact*. Montreal: Quebec.
- Deary, I. J., Strand, S., Smith, P. & Fernandes, C. 2007. Intelligence and educational achievement. *Intelligence*. Vol. 35:1. S. 13-21.
- Deci, E. L., Koestner, R. & Ryan, R. M. 1999. A meta-analytic review of experiments examining the effects of extrinsic rewards on intrinsic motivation. *Psychological Bulletin*. Vol. 125:6. S. 627-668.
- Demetriou, A., Spanoudis, G. & Mouyi, A. 2010. A three-level model of the developing mind: Functional and neuronal substantiation and educational implications. Teoksessa: *The Developmental Relations among Mind, Brain and Education*. Springer Netherlands. S. 9-48.

- Department of Health (DOH), Prime Minister's Office. 2013. G8 dementia summit declaration [WWW]. [viitattu 7.10.2015]. Saatavissa: <https://www.gov.uk/government/publications/g8-dementia-summit-agreements>.
- DerSimonian, R. & Laird, N. 1986. Meta-analysis in clinical trials. *Controlled clinical trials*. Vol. 7:3. S. 177-188.
- Diamond, A. 2005. Attention-deficit disorder (attention-deficit/hyperactivity disorder without hyperactivity): A neurobiologically and behaviorally distinct disorder from attention-deficit/hyperactivity disorder (with hyperactivity). *Development and Psychopathology*. Vol. 17:3. S. 807-825.
- Dickstein, D. L., Kabaso, D., Rocher, A. B., Luebke, J. I., Wearne, S. L. & Hof, P. R. 2007. Changes in the structural complexity of the aged brain. *Aging Cell*. Vol. 6:3. S. 275-284.
- Douglas, S. A. & Mithal, A. K. 2012. *The ergonomics of computer pointing devices*. London: Springer Science & Business Media.
- Duckworth, A. L., Peterson, C., Matthews, M. D. & Kelly, D. R. 2007. Grit: perseverance and passion for long-term goals. *Journal of Personality and Social Psychology*. Vol. 92:6. S. 1087-1101.
- Duron, E. & Hanon, O. 2008. Vascular risk factors, cognitive decline, and dementia. *Vascular Health and Risk Management*. Vol. 4:2. S. 363-381.
- Dweck, C. S. 1986. Motivational processes affecting learning. *American Psychologist*. Vol. 41:10. S. 1040-1048.
- Einstein, G. O. & McDaniel, M. A. 1990. Normal aging and prospective memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*. Vol. 16:4. S. 717.
- Engeser, S. & Rheinberg, F. 2008. Flow, performance and moderators of challenge-skill balance. *Motivation and Emotion*. Vol. 32:3. S. 158-172.
- Engle, R. W. 2002. Working memory capacity as executive attention. *Current directions in Psychological Science*. Vol. 11:1. S. 19-23.
- Engle, R. W., & Oransky, N. 1999. The evolution from short-term to working memory: Multistore to dynamic models of temporary storage. Teoksessa: R. J. Sternberg (toim.), *The Nature of Cognition*. Cambridge, MA: MIT Press. S. 515-555.
- Erickson, C. A. & Barnes, C. A. 2003. The neurobiology of memory changes in normal aging. *Experimental Gerontology*. Vol. 38:1. S. 61-69.



Erickson, K. I., Voss, M. W., Prakash, R. S., Basak, C., Szabo, A., Chaddock, L., Kim, J. S., Heo, S., Alves, H., White, S. M. & Wojcicki, T. R. 2011. Exercise training increases size of hippocampus and improves memory. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. Vol. 108:7. S. 3017-3022.

ESA 2007. Essential Facts About the Computer and Video Game Industry, Sales, Demographics, and Usage data. Entertainment Software Association (ESA) [WWW]. [vii-tattu 7.10.2015]. Saatavissa: <https://library.princeton.edu/sites/default/files/2007.pdf>.

ESA 2015. Essential Facts About the Computer and Video Game Industry, Sales, Demographics, and Usage data. Entertainment Software Association (ESA) [WWW]. [vii-tattu 7.10.2015]. Saatavissa: [http://www.isfe.eu/sites/isfe.eu/files/attachments/esa\\_ef\\_2013.pdf](http://www.isfe.eu/sites/isfe.eu/files/attachments/esa_ef_2013.pdf).

Eysenck, M. W. & Calvo, M. G. 1992. Anxiety and performance: The processing efficiency theory. *Cognition & Emotion*. Vol. 6:6. S. 409-434.

Erickson, K. I., Colcombe, S. J., Wadhwa, R., Bherer, L., Peterson, M. S., Scalf, P. E., Kim, J. S., Alvarado, M. & Kramer, A. F. 2007. Training-induced functional activation changes in dual-task processing: an fMRI study. *Cerebral Cortex*. Vol. 17:1. S. 192-204.

Eysenck, M. W. & Keane, M. T. 2000. *Cognitive psychology: A student's handbook*. 4th ed. East Sussex, England: Psychology Press Ltd. 633 s.

Fabel, K. & Kempermann, G. 2008. Physical activity and the regulation of neurogenesis in the adult and aging brain. *Neuromolecular Medicine*. Vol. 10:2. S. 59-66.

Fabel, K., Wolf, S., Ehninger, D., Babu, H., Galicia, P. & Kempermann, G. 2009. Additive effects of physical exercise and environmental enrichment on adult hippocampal neurogenesis in mice. *Frontiers in Neuroscience*. Vol 3:2. S. 2.

Farina, E., Fioravanti, R., Chiavari, L., Imbornone, E., Alberoni, M., Pomati, S., Pignardi, G., Pignatti, R. & Mariani, C. 2002. Comparing two programs of cognitive training in Alzheimer's disease: a pilot study. *Acta Neurologica Scandinavica*. Vol. 105:5. S. 365-371.

Feiyue, Q., Qinqin, W., Liying, Z., & Lifang, L. 2009. Study on improving fluid intelligence through cognitive training system based on Gabor stimulus. *Teoksessa: The 1st International Conference on Information Science and Engineering (ICISE2009)*. IEEE. S. 3459-3462.

Fischer, M. H. 2001. Probing spatial working memory with the Corsi blocks task. *Brain and Cognition*. Vol. 45:2. S. 143-154.

- Flicker, C., Ferris, S. H. & Reisberg, B. 1991. Mild cognitive impairment in the elderly predictors of dementia. *Neurology*. Vol. 41:7. S. 1006-1006.
- Flores, E., Tobon, G., Cavallaro, E., Cavallaro, F. I., Perry, J. C. & Keller, T. 2008, December. Improving patient motivation in game development for motor deficit rehabilitation. *Teoksessa: Proceedings of the 2008 International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology*. S. 381-384.
- Fratiglioni, L., Paillard-Borg, S. & Winblad, B. 2004. An active and socially integrated lifestyle in late life might protect against dementia. *The Lancet Neurology*. Vol. 3:6. S. 343-353.
- Fu, F. L., Su, R. C. & Yu, S. C. 2009. EGameFlow: A scale to measure learners' enjoyment of e-learning games. *Computers & Education*, Vol. 52:1. S. 101-112.
- Fua, K. C., Gupta, S., Pautler, D. & Farber, I. 2013. Designing serious games for elders. *Teoksessa: Foundations of Digital Games Proceedings*. S. 291-297.
- Galante, E., Venturini, G. & Fiaccadori, C. 2007. Computer-based cognitive intervention for dementia: preliminary results of a randomized clinical trial. *G Ital Med Lav Ergon*. 29(3 Suppl B). S. 26-32.
- Gamberini, L., Raya, M. A., Barresi, G., Fabregat, M., Ibanez, F. & Prontu, L. 2006. Cognition, technology and games for the elderly: An introduction to ELDERGAMES Project. *PsychNology Journal*. Vol. 4:3. S. 285-308.
- Gardner, R. A. 1981. Digits forward and digits backward as two separate tests: normative data on 1567 school children. *Journal of Clinical Child & Adolescent Psychology*. Vol. 10:2. S. 131-135.
- Gates, N. & Valenzuela, M. 2010. Cognitive exercise and its role in cognitive function in older adults. *Current Psychiatry Reports*. Vol. 12:1. S. 20-27.
- Gathercole, S. E. & Pickering, S. J. 2000. Assessment of working memory in six- and seven-year-old children. *Journal of Educational Psychology*. Vol. 92:2. S. 377-390.
- Geary, D. C. 2007. An evolutionary perspective on learning disability in mathematics. *Developmental Neuropsychology*. Vol. 32:1. S. 471-519.
- Gerling, K. M., Schild, J. & Masuch, M. 2010. Exergame design for elderly users: the case study of SilverBalance. *Teoksessa: Proceedings of the 7th International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology*. S. 66-69.

- Ghisletta, P., McArdle, J. J. & Lindenberger, U. 2006. Longitudinal cognition-survival relations in old and very old age: 13-year data from the Berlin Aging Study. *European Psychologist*. Vol. 11:3. S. 204-223.
- Goldstein, J., Cajko, L., Oosterbroek, M., Michielsen, M., Van Houten, O. & Salverda, F. 1997. Video games and the elderly. *Social Behavior and Personality: an international journal*. Vol. 25:4. S. 345-352.
- Goodwin, K. 2008. Perfecting Your Personas. *Cooper Journal* [WWW]. [viitattu 10.11.2015]. Saatavissa: [http://www.cooper.com/journal/2008/05/-perfecting\\_your\\_personas](http://www.cooper.com/journal/2008/05/-perfecting_your_personas).
- Grady, C. 2012. The cognitive neuroscience of ageing. *Nature Reviews Neuroscience*. Vol. 13:7. S. 491-505.
- Grammas, P. 2011. Neurovascular dysfunction, inflammation and endothelial activation: Implications for the pathogenesis of Alzheimer's disease. *J. Neuroinflammation*. Vol. 8:3. S. 26-35.
- Gray, J. R., Chabris, C. F. & Braver, T. S. 2003. Neural mechanisms of general fluid intelligence. *Nature neuroscience*. Vol. 6:3. S. 316-322.
- Gray, J. R. & Thompson, P. M. 2004. Neurobiology of intelligence: science and ethics. *Nature Reviews Neuroscience*. Vol. 5:6. S. 471-482.
- Green, C. S. & Bavelier, D. 2003. Action video game modifies visual selective attention. *Nature*. Vol. 423:6939. S. 534-537.
- Green, R. C. 2005. *Diagnosis and Management of Alzheimer's Disease and other Dementias*, 2nd edition. Caddo: Professional Communications, Inc. 2005.
- Greenberg, B. S., Sherry, J., Lachlan, K., Lucas, K. & Holmstrom, A. 2010. Orientations to video games among gender and age groups. *Simulation & Gaming*. Vol. 41:2. S. 238-259.
- Greene, J. D., Baddeley, A. D. & Hodges, J. R. 1996. Analysis of the episodic memory deficit in early Alzheimer's disease: evidence from the doors and people test. *Neuropsychology*. Vol. 34:6, S. 537-551.
- Grudin, J. & Pruitt, J. 2002. Personas, participatory design and product development: An infrastructure for engagement. In *Proceedings of Participatory Design Conference*, Palo Alto. S. 144-161.

- Haavisto, M. L. & Lehto, J. E. 2004. Fluid/spatial and crystallized intelligence in relation to domain-specific working memory: A latent-variable approach. *Learning and Individual Differences*. Vol. 15:1. S. 1-21.
- Halford, G. S., Cowan, N. & Andrews, G. 2007. Separating cognitive capacity from knowledge: A new hypothesis. *Trends in cognitive sciences*. Vol. 11:6. S. 236-242.
- Hamari, J. 2013. Transforming homo economicus into homo ludens: A field experiment on gamification in a utilitarian peer-to-peer trading service. *Electronic commerce research and applications*. Vol. 12:4. S. 236-245.
- Hamari, J. & Järvinen, A. 2011. Building customer relationship through game mechanics in social games. Teoksessa: M. Cruz-Cunha, V. Carvalho & P. Tavares (toim.), *Business, Technological and Social Dimensions of Computer Games: Multidisciplinary Developments*. Hershey, PA: IGI Global, Forthcoming. S. 348-365.
- Hamari, J., Koivisto, J. & Pakkanen, T. 2014. Do persuasive technologies persuade?-a review of empirical studies. In *Persuasive Technology*. Springer International Publishing. S. 118-136.
- Hampel, H., Schneider, L. S., Giacobini, E., Kivipelto, M., Sindi, S., Dubois, B., Broich, K., Nisticò, R., Aisen, P. S. & Lista, S. 2015. Advances in the therapy of Alzheimer's disease: targeting amyloid beta and tau and perspectives for the future. *Expert Review of Neurotherapeutics*. Vol. 15:1. S. 83-105.
- Hambrick, D. Z., Oswald, F. L., Darowski, E. S., Rench, T. A. & Brou, R. 2010. Predictors of multitasking performance in a synthetic work paradigm. *Applied Cognitive Psychology*. Vol. 24:8. S. 1149-1167.
- Harada, C. N., Love, M. C. N. & Triebel, K. L. 2013. Normal cognitive aging. *Clinics in Geriatric Medicine*. Vol. 29:4. S. 737-752.
- Hardy, J., Farzin, F. & Scanlon, M. 2009. The science behind Lumosity [WWW]. [viitattu 4.11.2015]. Saatavissa: [http://readthetype.com/wp-content/uploads/2011/04/the\\_science\\_behind\\_lumosity.pdf](http://readthetype.com/wp-content/uploads/2011/04/the_science_behind_lumosity.pdf).
- Hartmann, T. & Klimmt, C. 2006. Gender and computer games: Exploring females' dislikes. *Journal of Computer-Mediated Communication*. Vol. 11:4. S. 910-931.
- Hasher, L., Chung, C., May, C. P. & Foong, N. 2002. Age, time of testing, and proactive interference. *Canadian Journal of Experimental Psychology*. Vol. 56:3. S. 200-207.
- Hasher, L., Lustig, C. & Zacks, R. T. 2007. Inhibitory mechanisms and the control of attention. *Variation in Working Memory*. Vol. 19. S. 227-249.

- Hasher, L., Zacks, R. T., & May, C. P. 1999. Inhibitory control, circadian arousal, and age. Teoksessa: D. Gopher & A. Koriat (toim.), *Attention and performance XVII*. Cambridge, MA: MIT Press. S. 653-675.
- Hebb, D. O. 1961. Distinctive features of learning in the higher animal. Teoksessa: Delafresnay, J. F (toim.), *Brain mechanisms and Learning*. London & New York: Oxford University Press 1961. S. 37-51.
- Heitz, R. P., Redick, T. S., Hambrick, D. Z., Kane, M. J., Conway, A. R. & Engle, R. W. 2006. Working memory, executive function, and general fluid intelligence are not the same. *Behavioral and Brain Sciences*. Vol. 29:2. S. 135-136.
- Hiltunen, M., Haapasalo, A. & Soininen, H. 2013. Alzheimerin taudin uudet riskigeenit - tautia ennakoivat biomarkerit. *Duodecim*. Vol. 129:6. S. 583-588.
- Hokkanen, L., Laine, M., Hietanen, M., Hänninen, T., Jehkonen, M. & Vilkki, J. 2006. Kognitiiviset häiriöt ja niiden tutkiminen. Teoksessa: S. Soinila, M. Kaste, & H. Somner. (toim.) *Neurologia*. Vol. 2. S. 117-143.
- Hollander, E. K. & Plummer, H. R. 1986. An innovative therapy and enrichment program for senior adults utilizing the personal computer. *Activities, Adaptation & Aging*. Vol. 8:1. S. 59-68.
- Hossiep, R., Turck, D. & Hasella, M. 1999. Bochumer Matrizentest. BOMAT - Bochum matrices-advanced-short version. Göttingen, Germany: Hogrefe.
- Huotari, K. & Hamari, J. 2012. Defining gamification: a service marketing perspective. In *Proceedings of the 16th International Academic MindTrek Conference*. S. 17-22.
- Hänninen, T., Hallikainen, M., Tuomainen, S., Vanhanen, M. & Soininen, H. 2002. Prevalence of mild cognitive impairment: A population-based study in elderly subjects. *Acta Neurologica Scandinavica*. Vol. 106:3. S. 148-154.
- Iachini, T., Iavarone, A., Senese, V. P., Ruotolo, F. & Ruggiero, G. 2009. Visuospatial memory in healthy elderly, AD and MCI: a review. *Current Aging Science*. Vol. 2:1. S. 43-59.
- Ijsselsteijn, W., Nap, H. H., de Kort, Y. & Poels, K. 2007. Digital game design for elderly users. Teoksessa: *Proceedings of the 2007 conference on Future Play*, Toronto, Canada, November 15–17 2007. New York, NY, United States: ACM Press.
- Iqbal, K., Liu, F., Gong, C. X. & Grundke-Iqbal, I. 2010. Tau in Alzheimer disease and related tauopathies. *Current Alzheimer Research*. Vol. 7:8. S. 656-664.

- Jackson, S. A. & Eklund, R. C. 2002. Assessing flow in physical activity: the flow state scale-2 and dispositional flow scale-2. *Journal of Sport & Exercise Psychology*. Vol. 24:2.
- Jaeggi, S. M., Buschkuhl, M., Jonides, J. & Perrig, W. J. 2008. Improving fluid intelligence with training on working memory. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. Vol. 105:19. S. 6829-6833.
- Jaeggi, S. M., Buschkuhl, M., Perrig, W. J. & Meier, B. 2010. The concurrent validity of the N-back task as a working memory measure. *Memory*. Vol. 18:4. S. 394-412.
- Jaeggi, S. M., Buschkuhl, M., Shah, P. & Jonides, J. 2013. The role of individual differences in cognitive training and transfer. *Memory & Cognition*. Vol. 42:3. S. 464-480.
- Jaeggi, S. M., Seewer, R., Nirkko, A. C., Eckstein, D., Schroth, G., Groner, R. & Gutbrod, K. 2003. Does excessive memory load attenuate activation in the prefrontal cortex? Load-dependent processing in single and dual tasks: functional magnetic resonance imaging study. *Neuroimage*. Vol. 19:2. S. 210-225.
- Jarvis, H. L. & Gathercole, S. E. 2003. Verbal and non-verbal working memory and achievements on national curriculum tests at 11 and 14 years of age. *Educational and Child Psychology*. Vol. 20:3. S. 123-140.
- Jean, L., Simard, M., Wiederkehr, S., Bergeron, M. È., Turgeon, Y., Hudon, C., Tremblay, I. & van Reekum, R. 2010. Efficacy of a cognitive training programme for mild cognitive impairment: results of a randomised controlled study. *Neuropsychological Rehabilitation*. Vol. 20:3. S. 377-405.
- Jones, D., Farrand, P., Stuart, G. & Morris, N. 1995. Functional equivalence of verbal and spatial information in serial short-term memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*. Vol. 21:4. S. 1008-1018.
- Jordan, P. W. 2000. *Designing Pleasurable Products: An Introduction to the New Human Factors*. London: Taylor & Francis.
- Jung, Y., Li, K. J., Janissa, N. S., Gladys, W. L. C. & Lee, K. M. 2009. Games for a Better Life: Effects of Playing Wii Games on the Well-Being of Seniors in a Long-Term Care Facility. *Proceedings of IE 2009*.
- Jungle Memory 2015. Who can benefit? [WWW]. [viitattu 2.12.2015]. Saatavissa: [http://www.junglememory.com/pages/who\\_can\\_benefit](http://www.junglememory.com/pages/who_can_benefit).
- Juva, K. 2015. Alzheimerin tauti. *Lääkärikirja Duodecim* [WWW]. [viitattu 2.2.2016]. Saatavissa: [http://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p\\_artikkeli=dlk00699](http://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p_artikkeli=dlk00699).

- Kalakoski, V. 2006. Constructing skilled images. Helsinki: Yliopistopaino.
- Kalska, H. 2006. Kun muisti pettää, mikä muisteista pettää. *Duodecim*. Vol. 122:11. S. 1313-1320.
- Kane, M. J., Brown, L. H., McVay, J. C., Silvia, P. J., Myin-Germeys, I. & Kwapil, T. R. 2007b. For whom the mind wanders, and when an experience-sampling study of working memory and executive control in daily life. *Psychological science*. Vol. 18:7. S. 614-621.
- Kane, M. J., Conway, A. R., Miura, T. K. & Colflesh, G. J. 2007. Working memory, attention control, and the N-back task: A question of construct validity. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*. Vol. 33:3. S. 615-622.
- Kane, M. J. & Engle, R. W. 2002. The role of prefrontal cortex in working-memory capacity, executive attention, and general fluid intelligence: An individual-differences perspective. *Psychonomic Bulletin & Review*. Vol. 9:4. S. 637-671.
- Kane, M. J., Hambrick, D. Z. & Conway, A. R. A. 2005. Working memory capacity and fluid intelligence are strongly related constructs: Comment on Ackerman, Beier, and Boyle (2005). *Psychological Bulletin*. Vol. 131:1. S. 66-71.
- Kane, M. J., Hambrick, D. Z., Tuholski, S. W., Wilhelm, O., Payne, T. W. & Engle, R. W. 2004. The generality of working memory capacity: A latent-variable approach to verbal and visuospatial memory span and reasoning. *Journal of Experimental Psychology: General*. Vol. 133:2. S. 189-217.
- Kane, M. J., Poole, B. J., Tuholski, S. W. & Engle, R. W. 2006. Working memory capacity and the top-down control of visual search: Exploring the boundaries of "executive attention". *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*. Vol. 32:4. S. 749-777.
- Kaplan, E., Fein, D., Morris, R., Kramer, J. H. & Delis, D. C. 1991. The WAIS-R as a neuropsychological instrument. San Antonio, TX: The Psychological Corporation.
- Karpova, N. N., Pickenhagen, A., Lindholm, J., Tiraboschi, E., Kuleshkaya, N., Ágústssdóttir, A., Antila, H., Popova, D., Akamine, Y., Sullivan, R. & Hen, R. 2011. Fear erasure in mice requires synergy between antidepressant drugs and extinction training. *Science*. Vol. 334:6063. S. 1731-1734.
- Kasanen, E., Lukka, K. & Siitonen, A. 1993. The constructive approach in management accounting research. *Journal of Management Accounting Research*. Vol 5. S. 241-264.
- Kattenstroth, J. C., Kalisch, T., Holt, S., Tegenthoff, M. & Dinse, H. R. 2013. Six months of dance intervention enhances postural, sensorimotor, and cognitive perfor-

mance in elderly without affecting cardio-respiratory functions. *Frontiers in Aging Neuroscience*. Vol. 5. S. 5.

Kelly, M. E., Loughrey, D., Lawlor, B. A., Robertson, I. H., Walsh, C. & Brennan, S. 2014. The impact of cognitive training and mental stimulation on cognitive and everyday functioning of healthy older adults: a systematic review and meta-analysis. *Ageing research reviews*. Vol. 15. S. 28-43.

Kessels, R. P., Van Zandvoort, M. J., Postma, A., Kappelle, L. J. & De Haan, E. H. 2000. The Corsi block-tapping task: standardization and normative data. *Applied Neuropsychology*. Vol. 7:4. S. 252-258.

Kiili K. 2015. Tohtori, dosentti, Tampereen teknillinen yliopisto. Pori. Haastattelu 10.8.2015.

Kiili, K., Lainema, T., de Freitas, S. & Arnab, S. 2014. Flow framework for analyzing the quality of educational games. *Entertainment Computing*. Vol. 5:4. S. 367-377.

Kirchner, W. K. 1958. Age differences in short-term retention of rapidly changing information. *Journal of Experimental Psychology*. Vol. 55:4. S. 352-358.

Kivipelto, M., Solomon, A., Ahtiluoto, S., Ngandu, T., Lehtisalo, J., Antikainen, R., Bäckman, L., Hänninen, T., Jula, A., Laatikainen, T. & Lindström, J. 2013. The Finnish geriatric intervention study to prevent cognitive impairment and disability (FINGER): study design and progress. *Alzheimer's & Dementia*. Vol. 9:6. S. 657-665.

Kleider, H. M., Parrott, D. J. & King, T. Z. 2010. Shooting behaviour: How working memory and negative emotionality influence police officer shoot decisions. *Applied Cognitive Psychology*. Vol. 24:5. S. 707-717.

Klingberg, T. 2010. Training and plasticity of working memory. *Trends in Cognitive Sciences*. Vol. 14:7. S. 317-324.

Klingberg, T., Fernell, E., Olesen, P. J., Johnson, M., Gustafsson, P., Dahlström, K., Gillberg, C. G., Forssberg, H. & Westerberg, H. 2005. Computerized training of working memory in children with ADHD-a randomized, controlled trial. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*. Vol. 44:2. S. 177-186.

Koivisto, A., Merilampi, S. & Sirkka, A. 2014. Mobile Rehabilitation Games-User Experience Study. In *European Conference on Games Based Learning*. Academic Conferences International Limited. Vol. 2. S. 688.

Koivisto, J. & Hamari, J. 2014. Demographic differences in perceived benefits from gamification. *Computers in Human Behavior*. Vol. 35. S. 179-188.



Koivisto, M. 1996. Ihmisen muistijärjestelmät. Teoksessa: Revonsuo, A. & Lang, H. & Aaltonen, O. (toim.) *Mieli ja aivot. Kognitiivinen neurotiede*. Turku: Painosalama Oy. S. 193-202.

Kramer, A. F. & Erickson, K. I. 2007. Capitalizing on cortical plasticity: influence of physical activity on cognition and brain function. *Trends in Cognitive Sciences*. Vol. 11:8. S. 342-348.

Kronenberg, G., Bick-Sander, A., Bunk, E., Wolf, C., Ehninger, D. & Kempermann, G. 2006. Physical exercise prevents age-related decline in precursor cell activity in the mouse dentate gyrus. *Neurobiology of Aging*. Vol. 27:10. S. 1505-1513.

Kyttälä, M. 2008. Visuaalis-spatiaalisten työmuistivalmiuksien yhteys (esi) matemaattisiin taitoihin ja merkitys osana matemaattisilta taidoiltaan heikkojen lasten ja nuorten kognitiivista profilia. Helsinki: Helsingin yliopisto. Soveltavan kasvatustieteen laitos. Tutkimuksia 293.

Langer, N., von Bastian, C. C., Wirz, H., Oberauer, K. & Jäncke, L. 2013. The effects of working memory training on functional brain network efficiency. *Cortex*. Vol. 49:9. S. 2424-2438.

Law, L. L., Barnett, F., Yau, M. K. & Gray, M. A. 2014. Effects of combined cognitive and exercise interventions on cognition in older adults with and without cognitive impairment: a systematic review. *Ageing Research Reviews*. Vol. 15. S. 61-75.

Lazarov, O., Robinson, J., Tang, Y. P., Hairston, I. S., Korade-Mirnic, Z., Lee, V. M. Y., Hersh, L. B., Sapolsky, R. M., Mirnic, K. & Sisodia, S. S. 2005. Environmental enrichment reduces A $\beta$  levels and amyloid deposition in transgenic mice. *Cell*. Vol. 120:5. S. 701-713.

Lezak, M. D., Howieson, D. B., Bigler, E. D. & Tranel, D. 2012. *Neuropsychological Assessment* (5th ed.). New York: Oxford University Press.

Li, S. C., Schmiedek, F., Huxhold, O., Röcke, C., Smith, J. & Lindenberger, U. 2008. Working memory plasticity in old age: practice gain, transfer, and maintenance. *Psychology and Aging*, Vol. 23:4. S. 731-742.

Lichtenthaler, S. F., Haass, C. & Steiner, H. 2011. Regulated intramembrane proteolysis-lessons from amyloid precursor protein processing. *Journal of neurochemistry*. Vol. 117:5. S. 779-796.

Lindenberger, U., Li, S. C. & Bäckman, L. 2006. Methodological and conceptual advances in the study of brain-behavior dynamics: A multivariate lifespan perspective: Special Issue.

- Llorens-Martín, M., Torres-Alemán, I. & Trejo, J. L. 2010. Exercise modulates insulin-like growth factor 1-dependent and-independent effects on adult hippocampal neurogenesis and behaviour. *Molecular and Cellular Neuroscience*. Vol. 44:2. S. 109-117.
- Lukka, K. 2001. Konstruktiivinen tutkimusote [WWW]. [viitattu 17.11.2015]. Saatavissa: <http://www.metodix.com>.
- Lustig, C. & Hasher, L. 2001. Implicit memory is vulnerable to proactive interference. *Psychological Science*. Vol. 12:5. S. 408-412.
- Lustig, C., Hasher, L. & Tonev, S. T. 2006. Distraction as a determinant of processing speed. *Psychonomic Bulletin & Review*. Vol. 13:4. S. 619-625.
- Lustig, C., Shah, P., Seidler, R. & Reuter-Lorenz, P. A. 2009. Aging, training, and the brain: a review and future directions. *Neuropsychology Review*. Vol. 19:4. S. 504-522.
- Luszcz, M. A. & Bryan, J. 1999. Toward understanding age-related memory loss in late adulthood. *Gerontology*. Vol. 45:1. S. 2-9.
- Lövdén, M., Bäckman, L., Lindenberger, U., Schaefer, S. & Schmiedek, F. 2010. A theoretical framework for the study of adult cognitive plasticity. *Psychological Bulletin*. Vol. 136:4. S. 659-676.
- Marquié, J. C., Jourdan-Boddaert, L. & Huet, N. 2002. Do older adults underestimate their actual computer knowledge?. *Behaviour & Information Technology*. Vol. 21:4. S. 273-280.
- Martin, M., Clare, L., Altgassen, A. M., Cameron, M. H. & Zehnder, F. 2011. Cognition-based interventions for healthy older people and people with mild cognitive impairment. *Cochrane Database Syst Rev*. Vol. 1:1.
- Maruff, P., Collie, A., Darby, D., Weaver-Cargin, J., Masters, C. & Currie, J. 2004. Subtle memory decline over 12 months in mild cognitive impairment. *Dementia and geriatric cognitive disorders*. Vol. 18:3-4. S. 342-348.
- McClearn, G. E., Johansson, B., Berg, S., Pedersen, N. L., Ahern, F., Petrill, S. A. & Plomin, R. 1997. Substantial genetic influence on cognitive abilities in twins 80 or more years old. *Science*. Vol. 276:5318. S. 1560-1563.
- McDougall, G. J., Becker, H., Pituch, K., Acee, T. W., Vaughan, P. W. & Delville, C. L. 2010. The SeniorWISE study: Improving everyday memory in older adults. *Archives of psychiatric nursing*. Vol. 24:5. S. 291-306.
- McGuire, F. A. 1984. Improving the quality of life for residents of long term care facilities through video games. *Activities, Adaptation & Aging*. Vol. 6:1. S. 1-7.

- McGuire, L. C., Ford, E. S. & Ajani, U. A. 2006. Cognitive functioning as a predictor of functional disability in later life. *The American journal of geriatric psychiatry*. Vol. 14:1. S. 36-42.
- McLaughlin, A., Gandy, M., Allaire, J. & Whitlock, L. 2012. Putting fun into video games for older adults. *Ergonomics in Design: The Quarterly of Human Factors Applications*. Vol. 20:2. S. 13-22.
- McNab, F. & Klingberg, T. 2008. Prefrontal cortex and basal ganglia control access to working memory. *Nature neuroscience*. Vol. 11:1. S. 103-107.
- McNamara, D. S. & Scott, J. L. 2001. Working memory capacity and strategy use. *Memory & Cognition*. Vol. 29:1. S. 10-17.
- McEvoy, L. K., Pellouchoud, E., Smith, M. E. & Gevins, A. 2001. Neurophysiological signals of working memory in normal aging. *Cognitive Brain Research*. Vol. 11:3. S. 363-376.
- Meijer, W. A., van Boxtel, M. P., Van Gerven, P. W., van Hooren, S. A. & Jolles, J. 2009. Interaction effects of education and health status on cognitive change: a 6-year follow-up of the Maastricht Aging Study. *Aging & Mental Health*. Vol. 13:4. S. 521-529.
- Melenhorst, A. S. 2002. Adopting communication technology in later life: The decisive role of benefits. Doctoral dissertation. Eindhoven, the Netherlands: Technische Universiteit Eindhoven.
- Miaskiewicz, T. & Kozar, K. A. 2011. Personas and user-centered design: How can personas benefit product design processes?. *Design Studies*. Vol. 32:5. S. 417-430.
- Milner, B. 1971. Interhemispheric differences in the localization of psychological processes in man. *British Medical Bulletin*. Vol. 27. S. 272-277.
- Miller, G. 2005. Computer game sharpens aging minds. *Science*, Vol. 310:5752. S. 1261-1261.
- Miller, G. 1956. The magical number seven, plus or minus two: some limits on our capacity for processing information. *Psychological review*. Vol. 63:2. S. 81-97.
- Miller, G. 2005. Computer game sharpens aging minds. *Science*. Vol. 310:5752. S. 1261-1261.
- Mindsparke 2015. Brain fitness pro [WWW]. [viitattu 2.12.2015]. Saatavissa: <http://www.mindsparke.com>.

- Miyake, A., Friedman, N. P., Rettinger, D. A., Shah, P. & Hegarty, M. 2001. How are visuospatial working memory, executive functioning, and spatial abilities related? A latent-variable analysis. *Journal of Experimental Psychology: General*. Vol. 130:4. S. 621-640.
- Miyake, A. & Shah, P. 1999. *Models of working memory: Mechanisms of active maintenance and executive control*. Cambridge University Press.
- Morey, C. C. & Cowan, N. 2005. When do visual and verbal memories conflict? The importance of working-memory load and retrieval. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*. Vol. 31:4. S. 703-713.
- Morris, R. G., Downes, J. J., Sahakian, B. J., Evenden, J. L., Heald, A. & Robbins, T. W. 1988. Planning and spatial working memory in Parkinson's disease. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, Vol. 51:6, S. 757-766.
- Morrison, J. H. & Baxter, M. G. 2012. The ageing cortical synapse: hallmarks and implications for cognitive decline. *Nature Reviews Neuroscience*. Vol. 13:4. S. 240-250.
- Morris, M. G. & Venkatesh, V. 2000. Age differences in technology adoption decisions: Implications for a changing work force. *Personnel Psychology*. Vol. 53:2. S. 375-403.
- Murata, A. & Iwase, H. 2005. Usability of touch-panel interfaces for older adults. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*. Vol. 47:4. S. 767-776.
- Murray, I. V., Proza, J. F., Sohrabji, F. & Lawler, J. M. 2011. Vascular and metabolic dysfunction in Alzheimer's disease: a review. *Experimental biology and medicine*. Vol. 236:7. S. 772-782.
- Nakamura, J. & Csikszentmihalyi, M. 2002. The concept of flow. *Handbook of Positive Psychology*. S. 89-105.
- Neisser, U., Boodoo, G., Bouchard Jr, T. J., Boykin, A. W., Brody, N., Ceci, S. J., Halpern, D. F., Loehlin, J. C., Perloff, R., Sternberg, R. J. & Urbina, S. 1996. Intelligence: knowns and unknowns. *American Psychologist*. Vol 51:2. S. 77-101.
- Ngandu, T., Lehtisalo, J., Solomon, A., Levälähti, E., Ahtiluoto, S., Antikainen, R., Bäckman, L., Hänninen, T., Jula, A., Laatikainen, T. & Lindström, J. 2015. A 2 year multidomain intervention of diet, exercise, cognitive training, and vascular risk monitoring versus control to prevent cognitive decline in at-risk elderly people (FINGER): a randomised controlled trial. *The Lancet*. Vol. 385:9984. S. 2255-2263.
- Nielsen, J. 2013. Seniors as Web Users [WWW]. [viitattu 21.11.2015]. Saatavilla: <http://www.nngroup.com/articles/usability-for-senior-citizens/>.

Nielsen, L. 2004. Engaging personas and narrative scenarios. A study how a user-centered approach influenced the perception of the design process in the e-business group at AstraZeneca. Fredriksberg, Denmark: Copenhagen Business School. PhD series, 17.

Nielsen Interactive Entertainment 2005. Video gamers in Europe – 2005. Research Report Prepared for the Interactive Software Federation of Europe (ISFE) [WWW]. [viitattu 2.12.2015]. Saatavissa: [http://www.lateledipenelope.it/public/-ISFE05\\_ConsumerStudy.pdf](http://www.lateledipenelope.it/public/-ISFE05_ConsumerStudy.pdf).

Norman, D. A. 2005. Emotional design: Why we love (or hate) everyday things. New York: Basic books.

Oberauer, K., Schulze, R., Wilhelm, O., & Süß, H. 2005. Working memory and intelligence — Their correlation and their relation: Comment on Ackerman, Beier, and Boyle (2005). *Psychological Bulletin*. Vol. 131:1. S. 61–65.

Onton, J., Delorme, A. & Makeig, S. 2005. Frontal midline EEG dynamics during working memory. *Neuroimage*. Vol. 27:2. S. 341-356.

O'Reilly, R. C. & Frank, M. J. 2006. Making working memory work: a computational model of learning in the prefrontal cortex and basal ganglia. *Neural computation*. Vol. 18:2. S. 283-328.

Østbye, T., Krause, K.M., Norton, M.C., Tschanz, J., Sanders, L., Hayden, K., Pieper, C. & Welsh-Bohmer, K. A. 2006. Ten Dimensions of Health and Their Relationships with Overall Self-Reported Health and Survival in a Predominately Religiously Active Elderly Population: The Cache County Memory Study. *Journal of the American Geriatrics Society*. Vol. 54:2. S. 199-209.

O'sullivan, M., Summers, P. E., Jones, D. K., Jarosz, J. M., Williams, S. C. R. & Markus, H. S. 2001. Normal-appearing white matter in ischemic leukoaraiosis: a diffusion tensor MRI study. *Neurology*. Vol. 57:12. S. 2307-2310.

Owen, A. M., McMillan, K. M., Laird, A. R. & Bullmore, E. 2005. N-back working memory paradigm: A meta-analysis of normative functional neuroimaging studies. *Human Brain Mapping*. Vol. 25:1. S. 46-59.

Paavilainen, J., Hamari, J., Stenros, J. & Kinnunen, J. 2013. Social network games: Players' perspectives. *Simulation & Gaming*. Vol. 44:6. S. 794-820.

Papp, K. V., Walsh, S. J. & Snyder, P. J. 2009. Immediate and delayed effects of cognitive interventions in healthy elderly: a review of current literature and future directions. *Alzheimer's & Dementia*. Vol. 5:1. S. 50-60.

- Pereira, A. C., Huddleston, D. E., Brickman, A. M., Sosunov, A. A., Hen, R., McKhann, G. M., Sloan, R., Gage, F. H., Brown, T. R. & Small, S. A. 2007. An in vivo correlate of exercise-induced neurogenesis in the adult dentate gyrus. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. Vol.104:13. S. 5638-5643.
- Pervaiz, N. & Hoffman-Goetz, L. 2011. Freewheel training alters mouse hippocampal cytokines. *International journal of sports medicine*. Vol. 32:11. S. 889-895.
- Petersen, R. C. 1995. Normal aging, mild cognitive impairment, and early Alzheimer's disease. *Neurologist*. Vol. 1:6. S. 326-344.
- Petersen, R. C., Doody, R., Kurz, A., Mohs, R. C., Morris, J. C., Rabins, P.V., Ritchie, K., Rossor, M., Thal, L. & Winblad, B. 2001. Current concepts in mild cognitive impairment. *Archives of Neurology*. Vol. 58:12. S. 1985-1992.
- Piolino, P., Desgranges, B., Hubert, V., Bernard, F. A., Matuszewski, V., Chételat, G., Baron, J. C. & Eustache, F. 2008. Reliving lifelong episodic autobiographical memories via the hippocampus: A correlative resting PET study in healthy middle-aged subjects. *Hippocampus*. Vol. 18:5. S. 445-459.
- Pisa, D., Alonso, R., Rábano, A., Rodal, I. & Carrasco, L. 2015. Different Brain Regions are Infected with Fungi in Alzheimer's Disease. *Scientific Reports*. Vol. 5.
- Plassman, B. L., Langa, K. M., Fisher, G. G., Heeringa, S. G., Weir, D. R., Ofstedal, M. B., Burke, J. R., Hurd, M. D., Potter, G. G., Rodgers, W. L. & Steffens, D. C. 2008. Prevalence of cognitive impairment without dementia in the United States. *Annals of Internal Medicine*. Vol. 148:6. S. 427-434.
- Possin, K. L. 2010. Visual spatial cognition in neurodegenerative disease. *Neurocase*. Vol. 16:6. S. 466-487.
- Price, L., Said, K. & Haaland, K. Y. 2004. Age-associated memory impairment of logical memory and visual reproduction. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*. Vol. 26:4, S. 531-538.
- Procci, K., Singer, A. R., Levy, K. R. & Bowers, C. 2012. Measuring the flow experience of gamers: An evaluation of the DFS-2. *Computers in Human Behavior*. Vol. 28:6. S. 2306-2312.
- Pruitt, J. & Adlin, T. 2006. *The Persona Lifecycle: Keeping people in mind throughout the design process*. San Francisco, CA: Morgan Kaufmann.
- Pruitt, J. & Grudin, J. 2003. *Personas: practice and theory*. Teoksessa: *Proceedings of the 2003 conference on Designing for user experiences*. S. 1-15.

- Rama, D. 2001. Technology generations handling complex user interfaces. Doctoral dissertation. Eindhoven: Technische Universiteit Eindhoven.
- Rapp, S., Brenes, G. & Marsh A. P. 2002. Memory enhancement training for older adults with mild cognitive impairment: a preliminary study. *Aging Ment Health*. 6. S. 5-11.
- Raven, J. C. 1990. *Advanced Progressive Matrices*. Sets I, II. Oxford, England: Oxford University Press.
- Raz, N., Rodrigue, K. M., Head, D., Kennedy, K. M. & Acker, J. D. 2004. Differential aging of the medial temporal lobe a study of a five-year change. *Neurology*. Vol. 62:3. S. 433-438.
- Raz, N., Rodrigue, K. M., Kennedy, K. M., Head, D., Gunning-Dixon, F. & Acker, J. D. 2003. Differential aging of the human striatum: longitudinal evidence. *American Journal of Neuroradiology*. Vol. 24:9. S. 1849-1856.
- Redick, T. S., Shipstead, Z., Harrison, T. L., Hicks, K. L., Fried, D. E., Hambrick, D. Z., Kane, M. J. & Engle, R. W. 2013. No evidence of intelligence improvement after working memory training: a randomized, placebo-controlled study. *Journal of Experimental Psychology: General*. Vol. 142:2. S. 359-379.
- Reijnders, J., van Heugten, C. & van Boxtel, M. 2013. Cognitive interventions in healthy older adults and people with mild cognitive impairment: a systematic review. *Ageing Research Reviews*. Vol. 12:1. S. 263-275.
- Rogalski, E., Stebbins, G. T., Barnes, C. A., Murphy, C. M., Stoub, T. R., George, S., Ferrari, C. & Shah, R. C. 2012. Age-related changes in parahippocampal white matter integrity: a diffusion tensor imaging study. *Neuropsychologia*. Vol. 50:8. S. 1759-1765.
- Rowe, G., Hasher, L., & Turcotte, J. 2008. Age differences in visuospatial working memory. *Psychology and aging*. Vol. 23:1. S. 79-84.
- Royall, D. R., Chiodo, L. K. & Polk, M. J. 2000. Correlates of disability among elderly retirees with 'subclinical' cognitive impairment. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*. Vol. 55:9. S. M541-M546.
- Royall, D. R., Lauterbach, E. C., Kaufer, D., Malloy, P., Coburn, K. L. & Black, K. J. 2007. The cognitive correlates of functional status: a review from the Committee on Research of the American Neuropsychiatric Association. *The Journal of Neuropsychiatry and Clinical Neurosciences*.
- Rozzini, L., Costardi, D., Chilovi, B. V., Franzoni, S., Trabucchi, M. & Padovani, A. 2007. Efficacy of cognitive rehabilitation in patients with mild cognitive impairment

treated with cholinesterase inhibitors. *International Journal of Geriatric Psychiatry*. Vol. 22:4. S. 356-360.

Rudebeck, S. R., Bor, D., Ormond, A., O'Reilly, J. X., & Lee, A. C. 2012. A potential spatial working memory training task to improve both episodic memory and fluid intelligence. *PLoS One*. Vol. 7:11.

Ruscheweyh, R., Willemer, C., Krüger, K., Duning, T., Warnecke, T., Sommer, J., Völker, K., Ho, H. V., Mooren, F., Knecht, S. & Flöel, A. 2011. Physical activity and memory functions: an interventional study. *Neurobiology of aging*. Vol. 32:7. S. 1304-1319.

Salthouse, T. A. 1994. The aging of working memory. *Neuropsychology*. Vol. 8:4. S. 535-543.

Salthouse, T. A. 2009. Decomposing age correlations on neuropsychological and cognitive variables. *Journal of the International Neuropsychological Society*. Vol. 15:5. S. 650-661.

Salthouse, T. A. 2010. Selective review of cognitive aging. *Journal of the International neuropsychological Society*. Vol. 16:5. S. 754-760.

Salthouse, T. A. 2012. Consequences of age-related cognitive declines. *Annual Review of Psychology*. Vol. 63. S. 201-226.

Salthouse, T. A., Fristoe, N. M., Lineweaver, T. T. & Coon, V. E. 1995. Aging of attention: Does the ability to divide decline?. *Memory & Cognition*. Vol. 23:1. S. 59-71.

Salthouse, T. A. & Pink, J. E. 2008. Why is working memory related to fluid intelligence?. *Psychonomic Bulletin & Review*. Vol. 15:2. S. 364-371.

Santin, K., da Rocha, R. F., Cechetti, F., Quincozes-Santos, A., de Souza, D. F., Nardin, P., Rodrigues, L., Leite, M. C., Moreira, J. C. F., Salbego, C. G. & Gonçalves, C. A. 2011. Moderate exercise training and chronic caloric restriction modulate redox status in rat hippocampus. *Brain Research* 1421. S. 1-10.

Satakunta Living Labs. Living lab - käyttäjälähtöistä hyvinvointia Satakuntaan [WWW]. [viitattu 18.10.2015]. Saatavissa: <http://www.prizz.fi/livinglab>.

Sauseng, P., Hoppe, J., Klimesch, W., Gerloff, C. & Hummel, F. C. 2007. Dissociation of sustained attention from central executive functions: local activity and interregional connectivity in the theta range. *European Journal of Neuroscience*. Vol. 25:2. S. 587-593.



- Schmeichel, B. J., Volokhov, R. N. & Demaree, H. A. 2008. Working memory capacity and the self-regulation of emotional expression and experience. *Journal of Personality and Social Psychology*. Vol. 95:6. S. 1526-1540.
- Schmiedek, F., Li, S. C. & Lindenberger, U. 2009. Interference and facilitation in spatial working memory: age-associated differences in lure effects in the n-back paradigm. *Psychology and Aging*. Vol. 24:1. S. 203-210.
- Scialfa C. T., Esau S. P., Joffe K. M. 1998. Age, target-distractor similarity, and visual search. *Experimental Aging Research*. Vol. 24:4. S. 337-358.
- Scoville, W. B. & Milner, B. 1957. Loss of recent memory after bilateral hippocampal lesions. *Journal of Neurology, neurosurgery, and psychiatry*. Vol. 20:1. S. 11-21.
- Shah, P. & Miyake, A. 1996. The separability of working memory resources for spatial thinking and language processing: an individual differences approach. *Journal of Experimental Psychology: General*. Vol. 125:1. S. 4-27.
- Shadish, W. R., Cook, T. D. & Campbell, D. T. 2002. *Experimental and Quasi-experimental Designs for Generalized Causal Inference*. Boston: Houghton Mifflin.
- Shipley, B. A., Der, G., Taylor, M. D. & Deary, I. J. 2006. Cognition and all-cause mortality across the entire adult age range: Health and lifestyle survey. *Psychosomatic Medicine*. Vol. 68:1. S. 17-24.
- Shipstead, Z., Redick, T. S. & Engle, R. W. 2012. Is working memory training effective?. *Psychological Bulletin*. Vol. 138:4. S. 628-654.
- Settersten, R. A. 1999. *Lives in time and place*. Amityville, NY: Baywood.
- Sitzer, D. I., Twamley, E. W. & Jeste, D. 2006. Cognitive training in Alzheimer's disease: a meta-analysis of the literature. *Acta Psychiatrica Scandinavica*. Vol. 114:2. S. 75-90.
- Smirni, P., Villardita, C. & Zappalá, G. 1983. Influence of different paths on spatial memory performance in the block-tapping test. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*. Vol. 5:4. S. 355-359.
- Smith, M. E., McEvoy, L. K. & Gevins, A. 1999. Neurophysiological indices of strategy development and skill acquisition. *Cognitive Brain Research*. Vol. 7:3. S. 389-404.
- Smyth, M. M. & Scholey, K. A. 1992. Determining spatial span: The role of movement time and articulation rate. *Quarterly Journal of Experimental Psychology: Section A*. Vol. 45:3. S. 479-501.

- Smyth, M. M. & Scholey, K. A. 1994. Interference in immediate spatial memory. *Memory & Cognition*. Vol. 22:1. S. 1-13.
- Soinila, S., Kaste, M. & Somer, H. (toim.). 2006. *Neurologia*. 2. uudistettu painos. Helsinki: Duodecim. 695 s.
- Sprenger, A. M., Atkins, S. M., Bolger, D. J., Harbison, J. I., Novick, J. M., Chrabaszcz, J. S., Weems, S. A., Smith, V., Bobb, S., Bunting, M. F. & Dougherty, M. R. 2013. Training working memory: Limits of transfer. *Intelligence*. Vol. 41:5. S. 638-663.
- Squire, L. R. 2004. Memory systems of the brain: a brief history and current perspective. *Neurobiology of learning and memory*, Vol. 82:3. S. 171-177.
- Squire, L. R. & Zola-Morgan, S. 1991. The medial temporal lobe memory system. *Science*. Vol. 253:5026. S. 1380-1386.
- Stephenson, C. L. & Halpern, D. F. 2013. Improved matrix reasoning is limited to training on tasks with a visuospatial component. *Intelligence*. Vol. 41:5. S. 341-357.
- Sulkava, R., Vuori, U. & Ylikoski, R. 2015. Mini-Mental State Examination -testi (MMSE). Ohjeet testin tekemiseen [WWW]. [viitattu 7.10.2015]. Saatavissa: <http://muistiasiantuntijat.fi/tuemme.php?udpview=testit>.
- Sun, H. & Zhang, P. 2006. The role of moderating factors in user technology acceptance. *International Journal of Human-Computer Studies*. Vol. 64:2. S. 53-78.
- Suomen virallinen tilasto (SVT): Väestön tieto- ja viestintätekniikan käyttö. ISSN=2341-8699. Helsinki: Tilastokeskus. Väestön tieto- ja viestintätekniikan käyttö [WWW]. [viitattu: 11.11.2015]. Saatavissa: <http://www.stat.fi/til/sutivi/>.
- Suomen virallinen tilasto (SVT): Väestöennuste. ISSN=1798-5137. 2015, Liitetaulukko 1. Väestö ikäryhmittäin koko maa 1900–2060 (vuodet 2020–2060: ennuste). Helsinki: Tilastokeskus [WWW]. [viitattu: 19.11.2015]. Saatavissa: [http://www.stat.fi/til/vaenn/2015/vaenn\\_2015\\_2015-10-30\\_tau\\_001\\_fi.html](http://www.stat.fi/til/vaenn/2015/vaenn_2015_2015-10-30_tau_001_fi.html).
- Swanson, H. L. & Beebe-Frankenberger, M. 2004. The relationship between working memory and mathematical problem solving in children at risk and not at risk for serious math difficulties. *Journal of Educational Psychology*. Vol. 96:3. S. 471-491.
- Talassi, E., Guerreschi, M., Feriani, M., Fedi, V., Bianchetti, A. & Trabucchi, M. 2007. Effectiveness of a cognitive rehabilitation program in mild dementia (MD) and mild cognitive impairment (MCI): a case control study. *Archives of Gerontology and Geriatrics*. Vol. 44. S. 391-399.

- Tárraga, L., Boada, M., Modinos, G., Espinosa, A., Diego, S., Morera, A., Guitart, M., Balcells, J., López, O. L. & Becker, J. T. 2006. A randomised pilot study to assess the efficacy of an interactive, multimedia tool of cognitive stimulation in Alzheimer's disease. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*. Vol. 77:10. S. 1116-1121.
- Terry, R. D. & Katzman, R. 2001. Life span and synapses: will there be a primary senile dementia?. *Neurobiology of aging*. Vol. 22:3. S. 347-348.
- Terveyden ja hyvinvoinnin laitos (THL). Muistisairaudet [WWW]. [viitattu 18.11.2015]. Saatavilla: <https://www.thl.fi/fi/web/kansantaudit/muistisairaudet>.
- Thal, L. J. 2006. Prevention of Alzheimer disease. *Alzheimer Disease & Associated Disorders*. Vol. 20. S. 97-S99.
- Thal, L. J., Carta, A., Doody, R., Leber, P., Mohs, R., Schneider, F., Shimohama, S. & Silber, C. 1997. Prevention protocols for Alzheimer disease: position paper from the international working group on harmonization of dementia drug guidelines. *Alzheimer disease and associated disorders*. Vol. 11. S. 46-49.
- Thompson, T. W., Waskom, M. L., Garel, K. L., Cardenas-Iniguez, C., Reynolds, G. O., Winter, R., Chang, P., Pollard, K., Lala, N., Alvarez, G. A. & Gabrieli, J. D. 2013. Failure of working memory training to enhance cognition or intelligence. *PloS one*. Vol. 8:5.
- Tisserand, D. J., Pruessner, J. C., Arigita, E. J. S., van Boxtel, M. P., Evans, A. C., Jolles, J. & Uylings, H. B. 2002. Regional frontal cortical volumes decrease differentially in aging: an MRI study to compare volumetric approaches and voxel-based morphometry. *Neuroimage*. Vol. 17:2. S. 657-669.
- Tombaugh, T. N. & McIntyre, N. J. 1992. The mini-mental state examination: a comprehensive review. *Journal of the American Geriatrics Society*. Vol. 40:9. S. 922-935.
- Tsolaki, M., Kounti, F., Agogiatou, C., Poptsi, E., Bakoglidou, E., Zafeiropoulou, M., Soumbourou, A., Nikolaidou, E., Batsila, G., Siambani, A. & Nakou, S. 2010. Effectiveness of nonpharmacological approaches in patients with mild cognitive impairment. *Neurodegenerative Diseases*. Vol. 8:3. S. 138-145.
- Tucker-Drob, E. M., Johnson, K. E. & Jones, R. N. 2009. The cognitive reserve hypothesis: a longitudinal examination of age-associated declines in reasoning and processing speed. *Developmental Psychology*. Vol. 45:2. S. 431-446.
- Tulving, E. 1985. How many memory systems are there?. *American Psychologist*. Vol. 40:4. S. 385-398.

- United Nations Department of Economic and Social Affairs, Population Division 2006. World Population Prospects, The 2006 Revision [WWW]. [viitattu 1.11.2015]. Saatavissa: <http://www.un.org/esa/population/publications/wpp2006/wpp2006.htm>.
- Unsworth, N. & Engle, R. W. 2007. On the division of short-term and working memory: an examination of simple and complex span and their relation to higher order abilities. *Psychological Bulletin*. Vol. 133:6. S. 1038-1066.
- Vecchi, T. & Richardson, J. T. 2001. Measures of visuospatial short-term memory: The Knox cube imitation test and the Corsi blocks test compared. *Brain and Cognition*. Vol. 46:1. S. 291-295.
- Verghese, J., Lipton, R. B., Katz, M. J., Hall, C. B., Derby, C. A., Kuslansky, G., Ambrose, A. F., Sliwinski, M. & Buschke, H. 2003. Leisure activities and the risk of dementia in the elderly. *New England Journal of Medicine*. Vol. 348:25. S. 2508-2516.
- Viramo, P. & Sulkava, R. 2006. Muistihäiriöiden ja dementian epidemiologia. Teoksessa: T. Erkinjuntti, K. Alhainen, J. Rinne & H. Soininen (toim.): Muistihäiriöt ja dementia. Vol. 2. S. 23-39.
- Ylinen, A. & Sirviö, J. 1997. Muistin biologinen perusta. *Duodecim*. Vol. 113. S. 1729-1738.
- Valenzuela, M. J. 2008. Brain reserve and the prevention of dementia. *Current opinion in psychiatry*. Vol. 21:3. S. 296-302.
- Valenzuela, M. J. & Sachdev, P. 2006. Brain reserve and dementia: a systematic review. *Psychological Medicine*. Vol. 36:4. S. 441-454.
- van Praag, H. 2009. Exercise and the brain: something to chew on. *Trends in Neurosciences*. Vol. 32:5. S. 283-290.
- van Praag, H., Shubert, T., Zhao, C. & Gage, F. H. 2005. Exercise enhances learning and hippocampal neurogenesis in aged mice. *The Journal of Neuroscience*. Vol. 25:38. S. 8680-8685.
- Vandierendonck, A., Kemps, E., Fastame, M. C. & Szmalec, A. 2004. Working memory components of the Corsi blocks task. *British Journal of Psychology*. Vol. 95:1. S. 57-79.
- Venkatesh, V. & Morris, M. G. 2000. Why don't men ever stop to ask for directions? Gender, social influence, and their role in technology acceptance and usage behavior. *MIS quarterly*. S. 115-139.

- Venkatesh, V., Morris, M. G. & Ackerman, P. L. 2000. A longitudinal field investigation of gender differences in individual technology adoption decision-making processes. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*. Vol. 83:1. S. 33-60.
- Venkatesh, V., Morris, M. G., Davis, G. B. & Davis, F. D. 2003. User acceptance of information technology: Toward a unified view. *MIS Quarterly*. Vol. 27:3. S. 425-478.
- Wang, C. J., Liu, W. C. & Khoo, A. 2009. The psychometric properties of dispositional flow scale-2 in Internet gaming. *Current Psychology*. Vol. 28:3. S. 194-201.
- Wecker, N. S., Kramer, J. H., Wisniewski, A., Delis, D. C. & Kaplan, E. 2000. Age effects on executive ability. *Neuropsychology*. Vol. 14:3. S. 409-414.
- Weisman, S. 1983. Computer games for the frail elderly. *The Gerontologist*. Vol. 23:4. S. 361-363.
- Williams, D., Consalvo, M., Caplan, S. & Yee, N. 2009. Looking for gender: Gender roles and behaviors among online gamers. *Journal of Communication*. Vol. 59:4. S. 700-725.
- Williams, D., Yee, N. & Caplan, S. E. 2008. Who plays, how much, and why? Debunking the stereotypical gamer profile. *Journal of Computer-Mediated Communication*. Vol. 13:4. S. 993-1018.
- Wilson, B., Cockburn, J. & Baddeley, A. D. 1985. *The Rivermead Behavioural Memory Test*. Reading: Thames Valley Test Co.
- Wilson, R. S., Barnes, L. L. & Bennett, D. A. 2003. Assessment of lifetime participation in cognitively stimulating activities. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*. Vol. 25:5. S. 634-642.
- Winblad, B., Palmer, K., Kivipelto, M., Jelic, V., Fratiglioni, L., Wahlund, L. O., Nordberg, A., Bäckman, L., Albert, M., Almkvist, O. & Arai, H. 2004. Mild cognitive impairment—beyond controversies, towards a consensus: report of the International Working Group on Mild Cognitive Impairment. *Journal of Internal Medicine*. Vol. 256:3. S. 240-246.
- Whitcomb, G. R. 1990. Computer games for the elderly. *ACM Sigcas Computers and Society*. Vol. 20:3. S. 112-115.
- WHO. Dementia: a public health priority. Geneva: World Health Organization—Alzheimer's Disease International 2012 [WWW]. [viitattu 7.10.2015]. Saatavissa: [http://www.who.int/mental\\_health/publications/dementia\\_report\\_2012/en/](http://www.who.int/mental_health/publications/dementia_report_2012/en/).

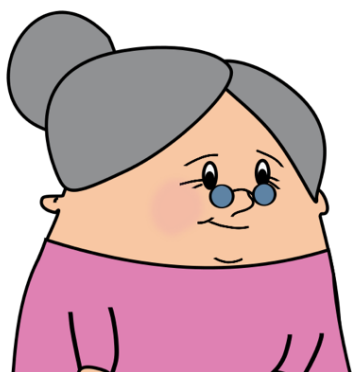
Yesavage, J. A., Friedman, L., Ashford, J. W., Kraemer, H. C., Mumenthaler, M. S., Noda, A. & Hoblyn, J. 2008. Acetylcholinesterase inhibitor in combination with cognitive training in older adults. *The Journals of Gerontology Series B: Psychological Sciences and Social Sciences*. Vol. 63:5. S. 288-294.

Zhang, P., Yu, H., Zhou, N., Zhang, J., Wu, Y., Zhang, Y., Bai, Y., Jia, J., Zhang, Q., Tian, S. & Wu, J. 2013. Early exercise improves cerebral blood flow through increased angiogenesis in experimental stroke rat model. *Journal of Neuroengineering and Rehabilitation*. Vol. 10:1. S. 1.

Zickefoose, S., Hux, K., Brown, J. & Wulf, K. 2013. Let the games begin: A preliminary study using Attention Process Training-3 and Lumosity™ brain games to remediate attention deficits following traumatic brain injury. *Brain injury*. Vol. 27:6. S. 707-716.

Zola-Morgan, S. & Squire, L. R. 1993. Neuroanatomy of memory. *Annual Review of Neuroscience*. Vol. 16:1. S. 547-563.

## LIITE A: CASE-TUTKIMUSTA VARTEN MÄÄRITELLYT PERSONAT



Primääripersoonana Laura on reipas 80-vuotias eläkeläinen, joka asuu kivenheiton matkan päässä palvelukeskus Himmelistä. Laura on kotoisin Keski-Suomesta, mutta on asunut Porin seudulla lähes koko aikuisikänsä. Laura työskenteli pitkään Porissa toimineessa puuvillatehtaassa, jossa toimii tänä päivänä mm. paikallinen yliopistokeskus. Lauralla on 2 lasta ja yhteensä 11 lasten- ja lastenlastenlasta. Hänen aviomiehensä on nukkunut pois vuosia sitten, joten hän on asustellut jo pitkään yksin.

Laura asuu mielellään omassa kodissaan, vaikka moni hänen ystävästään asuukin jo palvelutalossa.

Laura harrastaa monipuolisesti erilaisia käsitöitä, joita hän tekee tavallisesti radiota kuunnellen. Hän on joutunut ikävä kyllä karsimaan hieman käsityöharrastuksiaan, sillä sormet eivät ole enää aivan niin näppärät kuin ne ovat ennen olleet. Hän osallistuu usein myös palvelukeskuksen päiväohjelmaan, jossa pääsee puuhailemaan henkilökunnan opastuksessa ja jutustelemaan vanhojen tuttujen kanssa. Palvelukeskuksessa pääsee myös pelaamaan erilaisia pelejä, mikä sopii hyvin, sillä Lauralla on edelleen kova kilpailuvietti. Korttipelien ja tietovisojen lomassa tulee vaihdettua usein kuulumisetkin. Monipuolinen sosiaalinen elämä on Lauralle muutenkin tärkeää.

Tietokonetta Laura ei ole koskaan käyttänyt ja puhelimena hänellä on perinteinen nokia-lainen. Hän on kuitenkin säilyttänyt uteliaisuutensa ja hän olisi kiinnostunut kokeilemaan uusia laitteita, jos ne olisivat helppokäyttöisiä. Hän ei usko, että oppisi enää käyttämään uusia laitteita, jos ne ovat kovin monimutkaisia, sillä uusien asioiden oppiminen ja muistaminen on alkanut vanhemmiten tuntumaan vaikeammalta eikä näkökään ole entisensä. Sukulaisten lähettämien tekstiviestien lukeminen tuntuu jo kovin hankalalta, kun joutuu kovasti tihrustamaan, vaikka hänellä hyvät Tiimarin lasit ovatkin. Erilaisten pelien pelaaminen on kiinnostanut aina kovasti, joten digitaalisen pelin pelaamista Laura haluaisi kokeilla, vaikka se hänestä vähän pelottavalta tuntuukin. Sellaista voisi olla sitten kiva pelailla kotona yksin ja ehkä myös yhdessä lastenlasten-lasten kanssa, heidän vieraillessaan toisinaan isomummua katsomassa.



luu myös 5-vuotias Nyyti-kissa.

Antipersoonana Ella on reipas ja iloinen ala-astelainen. Ella ei juuri viihdy koulussa, sillä siellä joutuu istumaan aivan liikaa aloillaan. Ellalla on todettu myös lievä keskittymishäiriö, mikä vaikeuttaa osaltaan keskittymistä opetukseen. Ellan perheeseen kuuluu äiti ja 3 vuotta nuorempi sisko. Ellan suhde isään on jäänyt etäiseksi, sillä hän näkee tätä vain kerran kuukaudessa valvotusti. Isän tapaaminen pelottaa Ellaa aina hieman, sillä äiti onertonut, että hän on paha ihminen. Ellan perheeseen kuuluu myös 5-vuotias Nyyti-kissa.

Ella on todellinen diginatiivi, joka on kasvanut puhelin kädessä. Ella snapchattailee paljon parhaan kaverinsa Miran kanssa ja katsoo YouTubesta vloggaajien meikkivideoita, vaikka äiti ei vielä annakaan Ellan itse meikata. Ella tykkää myös pelata puhelimella pelejä. Erityisesti sellaisia, joissa on söpöjä eläimiä. Ella harrastaa paikallisessa joukkueessa jalkapalloa useita kertoja viikossa ja tapaa sieltä tuttuja pelikavereita myös vapaa-ajalla.



Avustava persoona Markku on 58-vuotias entinen paperityömies, joka työttömäksi jouduttuaan kävi muutokoulutuksen ja on työskennellyt nyt 2 vuotta palvelukeskus Himmelissä päiväryhmän ohjaajana. Markku elää avoliitossa Matin kanssa ja hänellä on entisestä parisuhteesta kaksi aikuista lasta yhdessä ex-vaimo Maijan kanssa.

Markku herää tyypillisesti jo klo 6 aamulla vanhasta tottumuksesta ja tykkää keittää kahvit rauhassa ennen töihin lähtöä. Töistä palattuaan Markku hoitaa arkisia askareita, joita vanhassa rintamamiestalossa riittää aina. Markku harrastaa lisäksi yhdessä Matin kanssa lavatansseja ja he käyvätkin ahkerasti tanssitunneilla ja -lavoilla. Tietokoneiden käytöstä Markku ei ole koskaan pitänyt eikä ole niitä välttämätöntä enempää koskaan opetellut käyttämään. Päivittäinen työsähköpostin ja Facebookin käyttö sujuu kuitenkin ongelmitta. Facebookia Markku käyttää, koska sieltä näkee helposti tulevat tanssitunnit ja lähipaikkakuntien tanssilavojen ohjelmiston.

Markku löytää itsensä usein joukon keskeltä, sillä hän tykkää viihdyttää ihmisiä. Palvelukeskuksessa työskennellessä siitä on apua, sillä ikäihmiset viihtyvät mainiosti hänen seurassaan osallistuessaan palvelukeskuksen ohjattuun päiväohjelmaan. Markku kokee myös iloa voidessaan auttaa ihmisiä ja palvelukeskuksen asiakkaat ovat kiitollisia autettavia.



## LIITE B: KYSELYTUTKIMUKSEN RUNKO

1. Kuinka sopivana pidätte tabletissa toimivaa peliä itsellenne?  
erittäin sopivana, melko sopivana, en kovin sopivana, en lainkaan sopivana, en osaa sanoa

2. Tabletin käyttäminen oli mielestänne?  
erittäin helppoa, melko helppoa, melko vaikeaa, erittäin vaikeaa, en osaa sanoa

3. Muistipelin käyttäminen oli mielestänne?  
erittäin helppoa, melko helppoa, melko vaikeaa, erittäin vaikeaa, en osaa sanoa

Mikäli pelin käyttäminen oli mielestänne vaikeaa, voitteko kertoa miksi?

---

4. Arvioikaa, miten hyvin peli kokonaisuutena toimii?  
erittäin hyvin, melko hyvin, melko huonosti erittäin huonosti, en osaa sanoa

4.1. Arvioikaa, millaiseksi koette pelin visuaalisuuden/kuvan selkeyden?  
erittäin hyväksi, melko hyväksi, melko huonoksi, erittäin huonoksi, en osaa sanoa

4.2. Arvioikaa, miten hyvin peli kertoi oikeasta vastauksesta (esimerkiksi eläimen ilmeen, äänen ja pisteiden) myötä?  
erittäin hyvin, melko hyvin, melko huonosti, erittäin huonosti, en osaa sanoa

4.3. Arvioikaa, millainen pelin äänenlaatu oli?  
erittäin hyvä melko hyvä, melko huono, erittäin huono, en osaa sanoa

4.4. Arvioikaa, kuinka helppoa sopivan vaatimustason valitseminen oli?  
erittäin helppoa, melko helppoa, melko vaikeaa, erittäin vaikeaa, en osaa sanoa

Mikäli peli ei mielestänne toimi, voitteko kertoa miksi?

---

5. Arvioikaa, kuinka paljon pelitaitonne kehittyivät testauksen aikana?  
erittäin paljon, melko paljon, melko vähän, erittäin vähän, en osaa sanoa

6. Arvioikaa, millainen pelin vaikutus oli muistinne kehittymiseen?  
erittäin hyvä, melko hyvä, melko huono, erittäin huono, en osaa sanoa

6.1. Arvioikaa, koetteko muistinne parantuneen testauksen aikana?

kyllä, ei, en osaa sanoa

6.2. Arvioikaa, millaiseksi vaihtoehdoksi koette pelaamisen muistin ylläpidossa ja kehittämisesssä?

erittäin hyvä, melko hyvä, melko huono, erittäin huono, en osaa sanoa

7. Arvioikaa, miten paljon pelaaminen lisäsi keskinäistä vuorovaikusta muiden testaa-  
jien kanssa?

erittäin paljon, melko paljon, melko vähän, erittäin vähän, en osaa sanoa

8. Arvioikaa, miten paljon pelaaminen kehitti keskittymiskykyänne?

erittäin paljon, melko paljon, melko vähän, erittäin vähän, en osaa sanoa

9. Arvioikaa, miten paljon reagointikykyenne kehittyi testauksen aikana?

erittäin paljon, melko paljon, melko vähän, erittäin vähän, en osaa sanoa

10. Miten koette testattavan pelin vaikuttavan elämänlaatuunne ja toimintakykyynne?

---

11. Kuinka kauan ajattelette palvelun pidentävän asumistanne nykyisessä asumismuo-  
dossa?

1–6 kk, 7–12 kk, 1–2 v, yli 3 v, en osaa sanoa

12. Millä tavoin palvelu vaikuttaa yhteistyöhön hoitohenkilökunnan kanssa?

lisää huomattavasti yhteistyötä, lisää hieman yhteistyötä, vähentää hieman yhteistyötä,  
vähentää huomattavasti yhteistyötä, en osaa sanoa

13. Arvioikaa, miten hyvinvointiteknologiaan liittyvä osaamisenne vahvistui testauksen  
aikana?

ei lainkaan, vähän, jonkin verran, huomattavasti, en osaa sanoa

Muita kehittämisajatuksianne tuotteesta, testauksesta yms.

---

---